



筋運動感覚残効が運動パフォーマンスに及ぼす影響

著者	兄井 彰
発行年	2014-09
学位授与年度	平成26年度
学位授与番号	17104甲生工第227号
URL	http://hdl.handle.net/10228/5311

博士学位論文

筋運動感覚残効が運動パフォーマンスに及ぼす影響

九州工業大学大学院生命体工学研究科
脳情報専攻

兄井 彰

博士学位論文

筋運動感覚残効が運動パフォーマンスに及ぼす影響

九州工業大学大学院生命体工学研究科
脳情報専攻

平成 26 年 9 月

兄井 彰

筋運動感覚残効が運動パフォーマンスに及ぼす影響

目次

第1章 序論

1.1	はじめに	5
1.2	スポーツにおける錯覚	7
1.3	筋運動感覚残効	14
1.4	筋運動感覚残効と運動パフォーマンスの関係	17
1.5	本研究の構成	25

第2章 問題及び目的

2.1	問題の所在	27
2.2	目的と仮説	33

第3章 重さの筋運動感覚残効が砲丸投げのパフォーマンスに及ぼす影響（実験1）

3.1	目的	34
3.2	方法	35
3.2.1	参加者	
3.2.2	砲丸の重さと場所	
3.2.3	手続き	
3.2.4	統計処理	

3.3 結果と考察	38
3.4 まとめ	43

第4章 先行運動の回数が筋感覚運動残効と砲丸投げのパフォーマンスの及ぼす影響（実験2）

4.1 目的	45
4.2 方法	46
4.2.1 参加者	
4.2.2 砲丸の重さと場所	
4.2.3 手続き	
4.2.4 統計処理	
4.3 結果と考察	49
4.4 まとめ	52

第5章 砲丸の重さの違いが筋運動感覚残効とその持続回数及びパフォーマンスの及ぼす影響（実験3）

5.1 目的	54
5.2 方法	55
5.2.1 参加者	
5.2.2 砲丸の重さと場所	
5.2.3 手続き	
5.2.4 統計処理	
5.3 結果と考察	58
5.4 まとめ	63

第6章 先行運動と後続運動の時間間隔が筋運動感覚残効と砲丸投げのパフォーマンスに及ぼす影響（実験4）

6.1	目的	64
6.2	方法	65
6.2.1	参加者	
6.2.2	砲丸の重さと場所	
6.2.3	手続き	
6.2.4	統計処理	
6.3	結果と考察	68
6.4	まとめ	72

第7章 総括

7.1	総合的考察	73
7.2	結論	79
7.3	今後の展望	83
7.7	スポーツ実践への示唆	85

文献	88
----	----

業績リスト	99
-------	----

謝辞

第1章 序論

1.1 はじめに

人が運動するためには、運動に必要な環境の情報を知覚し、その情報に従って環境に適応しながら運動しなければならない。この環境の情報は、人間がじっとして動かない状態では、正確に知覚することはできず、運動する中で、適切な環境の情報が知覚される (Gibson, 1979)。しかし、環境の知覚は、運動と切り離して研究されることが多く、知覚と運動の密接な関係に焦点づけて研究がなされてきていない (乾, 1995; 干川, 1992)。

ところで、環境を知覚する際、実際の環境と食い違った情報を知覚した場合や環境について適切な情報を知覚できなかった場合、人はどのような運動をするのであろうか。このような環境情報の錯誤は、心理学において、錯覚と呼ばれ、人の知覚を解明するための重要な研究対象となっており、対象の大きさ、形、色、明るさなどの関係が対象の客観的な関係と著しく食い違って知覚される現象と定義されている (今井, 1981)。特に、視覚による錯覚は、錯視と呼ばれ、知覚心理学の分野では数多くの研究が行われ、幾何学的錯視においては、系統的な検討 (Coren and Girgus, 1978; 田中, 1994 など) がなされている。しかし、知覚と運動の相互関係に焦点づけて研究がなされていないために、錯覚や錯視が運動に対してどのような影響を及ぼすかについて検討している研究は数少ない。しかし、錯覚は、スポーツでも数多く見られる現象 (兄井・本多, 2013) で、スキル習得や運動パフォーマンスに影響を与える (和田, 1984) と考えられている。例えば、藤田 (1972) は、身体運動に関係の深い錯覚について数項目あげた後、「スポーツにおいて空間知覚の錯覚は重要である。… (中略) …スポーツではこれらの錯覚を知り、それを克服して正しい認知を行わなければならない」と指摘している。このような指摘があるにも関わらず、これまでスポー

ツにおける錯覚がどのような条件で生じ、運動に対し、どのような影響を及ぼすのかというメカニズムについて検討されてきていない。

このような研究現状ではあるが、スポーツにおける錯覚は、古くから体育心理学やスポーツ心理学において関心が注がれてきた現象である。例えば、松井（1930）は、眼による知覚の誤りと運動という項目を立て、走高跳のスタンドの幅を狭くすると、バーが高く見える錯覚や、バスケットボールにおいて、小さなホームコートで練習していたチームが大きなコートでプレーすると、空間的割合の相違からボールを投げ過ぎさせる錯覚などを紹介している。また、野口（1931）も同様の錯覚や陸上競技、水泳に関わる錯覚を紹介している。その他、多くのスポーツ心理学や体育心理学の概論書に錯覚現象の記述が見られる（長田, 1971; 藤田, 1972; 1976; 加賀, 1987; 勝部, 1981など）。しかし、それらは経験的な見地によって書かれているものがほとんどで、研究の必要性（藤田, 1972）が叫ばれているにも関わらず、錯覚を取り上げた実証的・実験的研究はほとんど行われていない。このように、実際には錯覚がスポーツの知覚を左右していること（石垣, 1992; 和田, 1984）及び、その重要性は認められているものの、この分野の研究はほとんど進んでいない。この原因について、今後、詳細に検討するが、スポーツや運動の場面が複雑で流動的であるため、伝統的な錯覚研究で扱う固定的な状況を取り出し難く、錯覚の特定が難しいためだと考えられる。そこで、このような問題点を整理し、実験的に錯覚と運動の関わりについて検討を加えることとする。

1.2 スポーツにおける錯覚

スポーツを行う際、外界の状況や身体の状態を正確に知覚することは、優れた運動パフォーマンスを発揮する上で重要である。しかし、外界や身体の状態を正確に知ることは簡単ではなく、実際とは随分食い違って知覚される場合がある。たとえば、同じ速度のボールでも、暗いところでは明るいところよりも速く見えたり（藤田，1976）、不安や恐れがあると対戦相手の身体が実際よりも大きく見えたりする（加賀，1987）。

このようなスポーツにおける錯覚は、古くから関心が寄せられていた。例えば、1930年代の体育心理学等の概論書（グリフィス，1931；松井，1930；野口，1931）で、いくつかの事象が紹介されている。また、これ以降も、スポーツにおける錯覚は、多くの体育心理学やスポーツ心理学の概論書（兄井，1998；チェルニコワ，1960；藤田，1972；1976；加賀，1987；勝部，1981；松田，1967；ローサー，1961；末利，1960；1990；和田，1984）で、その事象が紹介されている。これらの文献のほとんどは、経験的な知見により書かれたものである。スポーツにおける錯覚が、スキルの習得や運動パフォーマンスの発揮に関連し（和田，1994）、研究の必要性（藤田，1972；石垣，1992）は認識されている。

しかし、錯覚（illusion）という用語で事象を明確に表現して行われた実験的・実証的研究（兄井・船越，1992；清水ほか，1982；Van der Kamp and Masters, 2008；Witt, et al., 2012）は数少ない。その理由としては、スポーツ場面が複雑で流動的であるため、錯覚の特定が難しいことが考えられる（兄井・船越，1992）。また、錯覚現象を全体的に説明する包括的な理論や原理が知覚心理学において提出されておらず（今井，1984）、そのため、スポーツにおける錯覚への理論の援用が行われず、研究が避けられてきたことも一因であろう。さらに、スポーツにおける錯覚事象を、環境や身体の状態変化に伴う知覚変容あるいは力動的知覚（加賀，1987）と捉えて研究が行われてきたこともあげられる。加えて、自

身の行為能力を参照して環境や出来事が知覚されるとする行為に特有な知覚 (action specific perception: Witt, 2011; Proffitt, 2006) における変容として事象を捉え、錯覚という用語が使用されなかったとも考えられる。

しかし、スポーツにおける錯覚に関係が深い、あるいは錯覚と明言していないが錯覚に含まれると考えられる事象を扱った研究を含めて整理すると、次の5つの知覚における錯覚に大別できる。その5つの知覚とは、大きさの知覚、高さの知覚、距離の知覚、速度の知覚、重さの知覚である。

大きさの知覚における錯覚では、ゴルフのカップの周りに、大きな円あるいは小さな円模様を複数投影するとカップ自体が小さく見えたり大きく見えたりする錯覚が生じ、パットの成功率はカップが大きく見えると高くなることが確かめられている (Witt et al., 2012)。また、ハンドボールのゴールキーパーが、両手を斜め45度に上げると、両手を上げないときよりも身体が大きく見え、ペナルティーシュートにおいて、身体から遠い位置にシュートすることも明らかにされている (Van der Kamp and Masters, 2008)。さらに、ゴルフにおいて、良いプレーができた時には、カップを大きく知覚することも明らかにされている (Witt et al., 2008)。このような事象は、ソフトボールやダーツ投げ、アメリカンフットボールでも見られ、良いプレーの後では、ボール (Witt and Proffitt, 2005) や的 (Wesp et al., 2004)、フィールドゴール (Witt and Dorsch, 2009) が大きく知覚されることが明らかにされている。

高さの知覚における錯覚は、さまざまな文献 (兄井, 1998; Hu, 1984; 石垣, 1992; 加賀, 1987; 松田, 1966; 長田, 1971; 和田, 1984) で紹介されている。その中で、兄井・船越 (1992) は、実験により、走り高跳びにおいて、バーの長さや支柱上端からバー止めの長さを変化させることにより、バーが高く見えたり低く見えたりする錯覚が生じ、運動パフォーマンスに正負両面の影響が見られることを確かめている。

距離の知覚における錯覚では、ゴルフ場で距離感に錯覚が生じやすい場所の特定が行われている（佐藤，1973）．また，兄井・伊藤（2003）は，走り幅跳びにおいて，踏み切り板の色彩を操作することにより，踏み切り板までの距離が長く見えたり短く見えたりする色彩の進出後退現象により錯覚が生じ，運動パフォーマンスに影響が見られることを確かめている．

速度の知覚における錯覚では，Stones（1980）や工藤・根本（1988）が，昼間より夜間の方が自己のランニング速度を速く見積もり，夜間の方が速く走っていると感じる錯覚が生じることを確かめている．また，石垣・樽本（2003）は，野球のバッティングにおいて，同じ球速のボールでも，速い球速のボールを見た後では，ボールを遅く感じ，遅い球速のボールを見た後では，ボールを速く感じるという錯覚が見られることを確かめている．さらに，テニスにおいて，上手くボールを打ち返せた後では，ボールのスピードが遅く感じられることも明らかにされている（Witt and Sugovic, 2010）．

重さの知覚における錯覚は，スポーツにおいて代表的なものとして筋運動感覚残効があげられる（兄井，2005；工藤，1989）．この筋運動感覚残効とは，例えば，野球の打者が，重いマスコットバットを振った後では，通常の重さのバットが軽く感じ，重たいシューズで走った後，軽いシューズを履いて走ると足が軽く感じることなどがその代表である．この筋運動感覚残効は，野球のバッティングにおいて，重いバットの使用後に通常のバットをスイングするとバットを軽く感じるが，その時のスイングスピードに変化が見られなかったことから，運動パフォーマンスに影響を与えないのではないか（Otsuji et al., 2002; Sage, 1984）と考えられてきた．しかし，最近の研究（Nakamoto et al., 2012）では，野球のバッティングにおいて，筋運動感覚残効がタイミング調整に影響を及ぼすことを明らかにしている．

以上のように，スポーツにおける錯覚は，上記の5つの知覚に代表されるさ

まざまなものがあり、スキルの習得や運動パフォーマンスの発揮に影響を与えるものも確認できる。しかし、これまでの文献や先行研究は、経験的な知見を紹介したものや個々の錯覚を切り出して限定的に検討されたものがほとんどで、スポーツにおける錯覚全体を網羅して包括的に扱っていない。また、先行研究を概観し大別した5つの知覚における錯覚において、その生起要因は、個々の事象でのみで検討されている。しかし、実際に、スポーツにおける錯覚の生起要因にどのようなものがあるかについて、調査を行い、明らかにした研究は見当たらない。錯覚の生起要因が明らかになれば、スポーツにおいてどのような錯覚がどのような要因で生じているかが理解でき、錯覚を利用した練習方法や運動パフォーマンスを向上させる方法を考える上で有効な資料を提供できると考えられる。さらに、スポーツにおける錯覚について、生起要因より分類し、その全体像を明らかにすることは、今後のスポーツにおける錯覚研究を体系的に行うことを促し、包括的な理論を提出する可能性を持つと考えられる。

このような観点からスポーツにおける錯覚について、様々な事象を収集し、その生起要因から分類した研究が行われている（兄井・本多，2013）。それによると、表1.1のように、スポーツにおける錯覚をその生起要因から、競技場所の環境、天候、用具、対戦相手の特徴、音・声、対象を見る位置・方向、ボールの飛び方、プレーの文脈、他者の存在、コンディション・調子、プレッシャー・緊張・不安、経験、暗示・ジンクスの13のカテゴリーに分類している。このスポーツにおける錯覚の分類結果を見ると、数多くの事象が存在し、スキルの習得や運動パフォーマンスの発揮に影響を及ぼすと考えられるものが多い。

また、スポーツにおける錯覚のカテゴリーを見ると、大きく知覚的錯覚と認知的錯覚とに二分できると考えられる。ここで言う知覚とは、感覚器官を通して外界や身体内部に関する刺激を受容し、中枢神経系において刺激に関する情報を処理していく過程、およびそれにより生じる主観的経験を意味している（樋

口, 2008). また, 認知とは, 環境世界に意味を与えるプロセスで, 外界にある対象を知覚したうえで, それが何であるかを判断したり, 解釈したりすることで, それには知覚, 注意, 記憶, 表象, 象徴, 言語, 判断などが, 統合的に関与する (樋口, 2008). この知覚と認知の大きな違いは, 認知は知覚よりも相対的に高次の過程で, 学習・記憶・思考・判断・注意などに強く影響され, 知覚はその影響が少ないと考えられる点である (北岡, 2008a).

この知覚と認知の観点からスポーツにおける錯覚を分類すると, 練習場所の環境や天候, 用具, ボールなどの対象の見え方・感じ方, プレーの文脈といったものの変化に関わる錯覚は, 比較的誰にでも共通して見られる知覚的錯覚と考えられる. また, コンディショニングや調子といった身体的変化やプレッシャーや緊張, 不安といった心理的負荷, あるいは他者の存在や経験をどのように受け止めるかに関わる錯覚は, 認知的錯覚と考えられる. すなわち, 前者は, 環境の変化によって直接的に生じるより知覚的錯覚であり, 後者は, 自身の置かれた環境や状況をどのように受け止め判断するかによって生じる認知的錯覚である. また, 知覚的錯覚は, 心理学で用いられている厳密な意味での狭義の錯覚 (今井, 1981 ; 田中, 1999) である. それに対して認知的錯覚は, 人の要求や期待, 態度, 過去の経験などの影響を反映した社会的知覚・力動的知覚 (加賀, 1987 ; 嶋田, 1990) 及び自身の行為能力を参照して環境や出来事が知覚されるとする行為に特有な知覚 (Witt, 2011 ; Profit, 2006) も含めた広義の錯覚とも考えられる.

このようなスポーツにおける錯覚の分類は, 知覚心理学において錯覚事象全体の分類を試みた Gregory (1991 ; 1998) や錯視の分類を試みた北岡 (2010b) の生理的錯覚と認知的錯覚に対応していると考えられる. すなわち, 生理的錯覚とは, 対象がある一定の配置や状態にあると起こる錯覚で誰にでも生じ (Gregory, 1991), 本研究の知覚的錯覚に相当する. また, 認知的錯覚とは,

思い違いや勘違いが含まれる思考や判断, 記憶における誤りや偏り (Pohl, 2004) で, 本研究の認知的錯覚に相当する. このことからスポーツにおける錯覚は, 知覚的錯覚と認知的錯覚に大きく二分できると考えられる.

さらに, スポーツにおいて錯覚という言葉自体もさまざまな意味で用いられしており, ここで示した2つの錯覚を明確に意識し, 区別して用いられることはほとんど無い. 加えて, スポーツの現場では, 錯覚という言葉は, 一般的に信じられていることが実は間違いであったという意味 (木寺, 2011) や物事に対する思い込みでも用いられることがある. このような意味での錯覚と表 1.1 で示した錯覚とは, 見かけ上, 異なっている. このように錯覚の意味自体は多義である.

以上のようにスポーツにおける錯覚は, その生起要因により 13 のカテゴリーに分類でき, さらに知覚的錯覚と認知的錯覚に二分でき, 本研究で取り扱う筋運動感覚残効もプレーの文脈に分類されている.

次に, 本研究で取り扱うスポーツにおける錯覚の1つである筋運動感覚残効について, 詳細に検討する.

表1 スポーツにおける錯覚の生起要因による分類と収集項目数

カテゴリーとサブカテゴリー	項目数	カテゴリーとサブカテゴリー	項目数
1. 知覚的錯覚			
1) 競技場所の環境	246	7) 音・声	9
1 競技場所の広さ・大きさ	66	1 打球音	3
2 競技場所の明るさ	50	2 捕球音	1
3 競技場所の形状	39	3 声を出す	5
4 競技場所の高さ・深さ	32		
5 屋内と屋外の違い	22	8) プレーの文脈(同じ状態で運動を続けること影響)	10
6 地面やフロアー・畳の状態	14	1 筋運動感覚残効	6
7 競技場所の背景	11	2 同じ状態でプレーし続けた後に起こる変化	4
8 競技場所の色	6		
9 障害物や目標物の有無	6		
		2. 認知的錯覚	
2) 天候	36	1) コンディション・調子	155
1 天気が良い	7	1 コンディション・調子が良い	67
2 天気が悪い	7	2 コンディション・調子が悪い	57
3 気温・水温	6	3 疲労	14
4 雨	6	4 集中	9
5 くもり	5	5 久しぶりのプレー	5
6 風	3	6 スランプ	3
7 霧	2		
3) 用器	62	2) プレッシャー・緊張・不安	97
1 用具の形状	43	1 プレッシャー	23
2 用具の色	15	2 緊張	13
3 用具の手入れ	4	3 試合の雰囲気	13
		4 攻守時の不安	11
4) 対戦相手の特徴	170	5 失敗不安	10
1 身体的特徴	78	6 勝敗に対する意識	9
2 ユニフォーム	29	7 恐怖感	9
3 実力差	23	8 あきらめ	6
4 使用している用具の善し悪し	18	9 苦手意識	3
5 知名度	10		
6 技能差	9	3) 他者の存在	35
7 年齢差	3	1 観衆	12
		2 前の競技者の影響	9
5) 対象を見る方向・位置	37	3 協同	6
1 見上げる・見下ろす	10	4 競争	5
2 対象を見る位置	9	5 技能の優れた人を見ることによる影響	3
3 対象を見る角度	4	6 他者の行為を見ているのと自分で実施してみる	3
4 身体的な構えの高さ	4	との違い	
5 視線の方向	4		
6 動きながら見る	3	4) 経験	18
7 水中での見え方	3	1 成功経験	3
		2 失敗経験	8
6) ボールの飛び方	28	3 熟達	3
1 ボールの飛んでくる高さ	9	4 自信	2
2 ボールの飛んでくる方向	6	5 他の競技との比較	2
3 ボールの飛んでくる状態	6		
4 ピッチングの緩急	4	5) 暗示・ジンクス	12
5 ベースボールイリュージョン(浮く球)	3		
			計
			915

1.3 筋運動感覚残効

自己の姿勢や四肢の運動あるいはその方向を判断でき、物を持ち上げる時にその重量を推定できるのは、主に筋運動感覚の働きによるものである。この筋運動感覚は、筋や腱、関節内部あるいはその周辺にある受容器から生じる肢体の感覚のことである（中島，1981）。

この筋運動感覚の知覚は、いくつかの要因により歪みが生じる。その最も代表的な現象は、筋運動感覚残効といわれるものである。この筋運動感覚残効とは、「それまでの知覚経験の結果として生じる対象の形や大きさ、重さにおける知覚変容あるいは、手足の位置や運動、筋収縮の強度における知覚的歪み」（Sage, 1984）や「先行する運動の経験によって、その直後の運動における筋運動感覚の知覚に歪みが生じること」（工藤，1989）と定義されている。すなわち、先行して行われた運動によって後続の運動に知覚的な変容（歪み）が生じる現象と捉えることができる。例えば、野球のバッターが重いマスコットバットを振った後、正規のバットが軽く感じられたり、重いシューズで走った後、軽いシューズで走ると足が軽く感じられるような現象がその代表である。Sage（1984）によると、この筋運動感覚残効は、「以前の知覚経験と現在の知覚経験の結果として生じる対象の形、大きさ、あるいは重さなどの知覚の変容、あるいは四肢の位置や運動、または、筋収縮の強度における知覚の歪み」と定義されている。

この筋運動感覚残効の性質については、さまざまな方法によって調べられているが、Sage（1984）は、多くの研究結果を整理して、次の5つを一般的な傾向として挙げている。①inspection（先行運動）の時間が長いほど、残効が大きい。②その効果は、時間の経過とともに消失する。③inspection と test（後続運動）間の間隔が長いほど効果は小さくなる。④残効による歪みは、同調（assimilation）と対比（contrast）の2つの形のいずれかで現れるが、筋運動感覚残効は一般的に後者である。ただ、同調傾向を示す人という個人差が見られ

ることも報告されている。⑤inspection のときの注意が妨害されると残効は小さくなる（工藤，1984）。

また，Cratty and Duffy (1969)や Cratty and Amatelli (1969)は，自分達の一連の実験結果を次のように整理している（Cratty, 1972）。①残効は，最初の課題での飽和（satiation）直後が最大であり，それからゆっくりと消失する。②一般的に，残効の大きさは，ある時点までは，飽和課題を行う時間の関数として増加する。③注意が飽和課題からそらされた場合，残効は減少するが，反対に，注意が高められた場合，残効は増加する。④残効の出現には，課題特異性がある。

さらに，落合（1976）も筋運動感覚残効の特徴について，その主な3点を以下のように挙げている。①運動残効（筋運動感覚残効）は，短時間（長くても数十秒）で消失してしまう現象である。②運動残効に伴った直接の運動パフォーマンスの増大は望めない。③運動残効は，感覚判断のずれを生じさせる。このずれの方向にはいくらかの個人差がある。ほとんどの場合には，対比錯覚と同じ方向にずれるが，まれに，これと逆方向となる場合がある。

以上のように，筋運動感覚残効の代表的な特徴（表 1. 2）については，これまでに明らかにされてきている。

また，スポーツ・体育科学の分野では，スポーツにおける筋運動感覚残効の現象は古くから知られており，オーバーロード（overload）トレーニングの原理との関連で，運動パフォーマンスを向上させる一つ的手段として利用するために大筋運動を中心に研究が行われている。しかし，詳細は後述するが，スポーツにおける筋運動感覚残効については，数多くの研究で検討されているが，あらゆる点で研究がしつくされているとはいえず（落合，1976），また，運動パフォーマンスに及ぼす影響については明確な知見が得られていないのが現状である。

表 1.2 筋運動感覚残効の特徴

Cratty (1972)

- ① 残効は、最初の課題での飽和 (satiation) 直後が最大であり、それからゆっくりと消失する。
- ② 一般的に、残効の大きさは、ある時点までは、飽和課題を行う時間の関数として増加する。
- ③ 注意が飽和課題からそらされた場合、残効は減少するが、反対に、注意が高められた場合、残効は増加する。
- ④ 残効の出現には、課題特異性がある。

落合 (1976)

- ① 運動残効 (筋運動感覚残効) は、短時間 (長くても数十秒) で消失してしまう現象である。
- ② 運動残効に伴った直接のパフォーマンスの増大は望めない。
- ③ 運動残効は、感覚判断のずれを生じさせる。このずれの方向にはいくらかの個人差がある。ほとんどの場合には、対比錯覚と同じ方向にずれるが、まれに、これと逆方向となる場合がある。

Sage (1984)

- ① inspection (先行運動) の時間が長いほど、残効が大きい。
 - ② その効果は、時間の経過とともに消失する。
 - ③ inspection と test (後続運動) 間の間隔が長いほど効果は小さくなる。
 - ④ 残効による歪みは、同調 (assimilation) と対比 (contrast) の2つの形のいずれかで現れるが、筋運動感覚残効は一般的に後者である。ただ、同調傾向を示す人という個人差が見られることも報告されている。
 - ⑤ inspection のときの注意が妨害されると残効は小さくなる
-

1.4 筋運動感覚残効と運動パフォーマンスの関係

筋運動感覚残効は、運動パフォーマンスを向上させる一つ的手段になるのではないかとの関心から、古くから数多くの研究が行われている。

例えば、Cratty and Hutton (1964) は、目隠しをした 60 名の参加者の歩行運動において、残効を生み出すことができるかどうかについて実験的に確かめている。この実験では、半数の参加者に、右に曲がった通路を、残り半数の者は、左へ曲がった通路を 10 回連続して歩行を行わせている。その後、テスト通路として直線路が示された場合、彼らは、それぞれ反対側に曲がっているように感じたと報告している。

また、Nelson and Nofsinger (1965) は、種々の水準における加重負荷を用いて、その前後の肘関節の屈曲スピードを測定している。その結果、参加者は、負荷加重練習試行 (post-overload) 後では、肘の屈曲スピードが速く感じたと報告したが、運動パフォーマンスは、負荷前後に有意な差は見出せなかった。しかしこの研究では、負荷加重練習試行を行ってからテスト試行までの時間が明記されておらず、筋運動感覚残効が生じている間に動作が行われていたかどうかは定かではない。

さらに、Stockholm and Nelson (1965) は、垂直跳びの運動パフォーマンスに及ぼすオーバーロードの効果を研究した。実験には、オーバーロードの三水準 (負荷なし、参加者の体重の 5% の負荷、10% の負荷) が用いられた。参加者は、負荷なしでジャンプした後、錘のついたチョッキで垂直跳びの練習を行った。しかし、彼らは、オーバーロードの練習後の垂直跳びの運動パフォーマンスにどのような向上も見出していない。

加えて、より実際のスポーツに近づけた Lindeburg and Hewitt (1965) の実験では、バスケットボールの練習で、重いチョッキを着せ、規格より大きなボールを用いて行った群と、統制群との運動パフォーマンスを比較している。それ

によると、シュートとドリブルには有意な差は見られなかったが、パスにおいて実験群が有意な傾向を示した報告している。

Gallon (1962) は、重いバスケットシューズを用い、Winningham (1966) は、くるぶしに錘をつけて運動を行わせている。その結果、両実験とも、むしろ負荷を加えた群よりも、統制群の方が、走テストのスピードで、向上する傾向が見られたと報告している (Sage, 1971, 1977)。

野球のピッチングにおける速度と正確さにおけるウォーミングアップ後のオーバーロードの効果についても検討されている (Van Huss et al., 1962)。参加者は、50名の大学新人野球部員であった。この参加者に、通常の準備運動を行わせ、普通の重さのボール (5 オンス) で 10 投行った時の速度と正確さを測定した。その後、重いボール (11 オンス) で 15 投行わせ、次に、通常のボールで 10 投行わせた。その結果、速度では、オーバーロードでの準備運動で有意な促進効果が見られ、正確性は、通常の準備運動後の投球と異なるパターンを示し、10 投以上遂行しないと、向上が見られなかった。

しかし、Straub (1966) は、ボール投げの的当て課題において、重いボールで練習した後、通常のボールで投げた時のボールの速度と正確性について検討を加えているが、重いボールで練習した後でも、速度も正確性も有意な差は見られなかったと報告している。

同様に、Brose and Hanson (1967) は、腕の滑車抵抗に対する野球のボールの投球、重いボールの投球、通常の重さのボール投球を行わせたそれぞれの群間に、投球の速度に差が見られず、正確さの向上も見出せなかったとしている。

野球のバッティングにおいても筋運動感覚残効の効果が検討されている (Otsuji, et.al., 2002)。この実験では、8名の参加者が標準の重さである 920g のバットを 5 回スイングした後、同じバットに 800g の重りをつけて 5 回スウィングし、さらに重りを外した標準の重さのバットを 5 回スイングすることが求め

られた。その結果、重りをつける前と後のスイングスピードを比較すると、重りを外した直後1試行目でのみ、3.3%のスピードの減少が見られたが、2試行目からは重りをつける前の水準に戻っていた。しかし、主観的なバットの重さやスイングの速さの判断は、重りを外した後の方が、バットが重く、スイングが速くなったと感じていた。このことからバットに重りをつけることにより、筋運動感覚残効が生じていたと考えられる。しかし、この実験では重りを外して次のスイングに入る前に約10分間の休憩がはさまれており、筋運動感覚残効が短時間に消失することを考えると、直ちにスイングスピードの低下に筋運動感覚残効が関与しているとは言い難い。

また、DeRenne et.al. (1992) は、23 オンス (約 652g) から 62 オンス (約 1758g) までのさまざまな重さのバットを用意して、そのバットでウォーミングアップのスイングを4回行った直後スイングスピードを測定している。測定したスイングスピードは、標準の重さ (30 オンス : 約 850g) のバットを用いた時のものであった。その結果、27 オンス (約 765g) から 34 オンス (約 964g) のバットでウォーミングアップ直後のスイングスピードがもっとも速く、それよりも重いあるいは軽いバットでは、スピードが遅かった。このことからマスコットバットなどを用いたウォーミングアップには、あまり効果がないと考えられるが、この実験では、重いあるいは軽いバットを使用した後に、スイングが速く (遅く) なったとか、バットが軽く (重く) なったと感じる筋運動感覚残効が生じていたかどうかは調査を行っていないために、ここでも筋運動感覚残効と運動パフォーマンスの関係は明確に検討できていない。

さらに、Southard and Groomer (2003) の研究では、同じように重い (56 オンス : 約 1588g) のバットと軽いバット (12 オンス : 約 34.00g) でウォーミングアップした直後のスイングスピードを測定しているが、重いバットでウォーミングアップした後のスイングスピードが、軽いあるいは標準 (34 オンス : 964g)

のバットでウォーミングアップをした直後のスイングスピードよりも、有意に遅いことを明らかにしている。また、肘や手首の関節速度やその相対変化、スイングスピードの時間的变化などの結果から、重いバットや軽いバットでのスイングは、標準のバットでのスイングとは、もともと運動パターンが異なっているのでは考察している。確かに、バットの重さが極端に異なれば、同じスイングであっても運動パターンは異なると考えられ、その影響が後続運動に現れるのではないかとと思われる。DeRenne et.al. (1992) の実験結果を見ると、標準のバットの重さ付近でのウォーミングアップをした後のスイングスピードが高いことから、同じ運動パターンでスイングしていたのではないかと推察される。しかし、この実験でも、ウォーミングアップ後約1分間のインターバルをはさんで測定が行われており、スイングの主観的な知覚的判断も行われていないために、筋運動感覚残効が生じていたかは定かではない。

運動を行う際に、重さの知覚が重要で、また重さについての筋運動感覚残効が生じやすいと考えられる投てき種目を対象とした研究も行われている。西藤(1975)は、砲丸投げ、ハンマー投げ、槍投げ、円盤投げのそれぞれで、通常よりも重い用具を投げた後、通常の重さの用具で投げた時の記録と、軽い用具を投げた後、通常の重さの用具で投げた時の記録を比較して、軽い用具を投げた後、通常の重さの用具で投げた時の記録が概ね記録が良かったことを報告している。しかし、この研究は、筋運動感覚残効が生じているかどうかの知覚的判断を参加者に求めている。また統計的な処理しておらず、実際の記録の伸びも小さく、明確な筋運動感覚残効の効果を示していないと思われる。

また、女子の運動選手を対象にして、重さの異なるさまざまな砲丸を投げさせる実験も行われている(Vasiliev, 1983)。この実験では、筋運動感覚残効が生じているかどうかの知覚的判断を参加者に求めているが、砲丸投げの選手では、標準の4kgの砲丸を投げる前に、標準より少し軽い3.75kgか、少し重い

4.25kg の砲丸を投げた方が、他の重さの砲丸を投げた時よりも、投てきスピードや力、パワーなどが高いことを明らかにしている。また、一般的な運動選手では、標準の重さの砲丸よりも 0.5kg～1.0kg 軽い砲丸を投げた後の方が、投てきスピードや力、パワーが高いことを明らかにしている。このことは、事前に重い砲丸を投げるよりも、軽い砲丸を投げた後の方が、運動パフォーマンスが向上する可能性を示している。このことから、一般的に、標準よりも重い砲丸を投げた後では、標準の砲丸が軽く感じる筋運動感覚残効が生じると考えられることから、砲丸投げでは、このような筋運動感覚残効が運動パフォーマンスを向上させることはないという解釈が可能である。しかし、この実験でも砲丸を投げる時間間隔が示されておらず、砲丸の重さに関する知覚的判断も参加者に求めているために、筋運動感覚残効が確かに生じていたかどうかは定かではない。

以上の諸研究の大部分は、筋運動感覚残効による運動パフォーマンスの向上に関して否定的である。このような結果に対して、Sage (1971) は次のように述べている。「...練習で、試合に用いられるよりも重い物を用いることによって運動パフォーマンスの向上をもたらそうという試みは、そのような物や装置の為にかけるお金や、費やされる時間とを考えた場合、まったく価値の無いものである...」。

しかし、このような筋運動感覚残効と類似した残効が、運動パフォーマンスに大きな影響を与えるとする研究も少なからず存在する。これらの研究は、筋運動感覚と視覚との関係に着目して検討しているものが多い。

例えば、Shebilske (1986) は、野球選手に一定時間、頭部を下斜め 45 度傾けさせ、その後、垂直に立つ棒の先端やピッチングされたボールを打つことを求めた。その結果、バッターは常に目標のバッティング位置より下方をスイングしていた。これは、頭部を下斜めに傾けたことにより、目標位置が実際より下

方に見えるためであるとしている。彼は、同じ研究で斜め上方に頭を傾けた後、スイング位置が上方になることも明らかにしている。また、彼は、ダーツ投げを課題として同様の結果を見出している (Shebilske, 1984)。この2つの研究は、頭部の姿勢による、眼球の直視方向の固定による眼球運動の残効が継続する運動パフォーマンスに影響を与えることを明らかにしている。

ランニングにおける筋運動感覚情報と視覚情報のズレによる残効が、継続のランニングの運動パフォーマンスに影響を与えるという研究もある。

Pelah and Barlow (1996) は、トレッドミルで10分以上走った後、動かない地面の上を歩くと、最初の2~3分間、実際よりも速いペースで動いていると感じる錯覚を報告している。これは空港などで見られる動く歩道を歩いた後、動かない通常の地面を歩いた時の感覚と同じものであるとしている。この実験の概要は以下のようなものである。

まず、参加者をトレッドミルで時速10 kmで20分間走らせた。その後、参加者の正面の壁に映し出されたレーザーポインターの動き(右から左に2.5mの距離を8秒で動く)に合わせて、正面の壁までの5mの直線コースを実際に歩き、目標地点に達した時に手にもったマウスを押させる。次に、ポインターの動きで示された視覚スピードを維持しながら、ポインターの動きがない中、何回も同じコースを繰り返し継続的に歩かせ、5mのラップタイムを計測するというものであった。

この結果を、トレッドミルで走る代わりに実際に野外を走った参加者と何もしていない参加者とで比較し、最初はトレッドミルで走った参加者は、他の条件の参加者よりも速く歩き、そのペースの速い歩行は徐々に無くなっていくことを明らかにしている。

この錯視は、移動の際、実際に観察される周辺の視覚の流動(optic flow)と予想された流動との不一致によって引き起こされているとしている。また、錯

視の特徴として、不一致の状態に繰り返しさらされると不一致に順応すること、移動に伴う内受容感覚および *afference copy* の情報が関与していることが挙げられている。

以上のことから、彼らは、このような錯覚（順応の残効）は、新たな知覚経験によって生じる順応の（トレッドミル上での走行に順応した）結果ではないかと結論づけている。

同様の現象は、Anstis（1995）によっても見出されており、トレッドミルでの走行の後、地面の上でジョギングするように求められたランナーは、ペースが速くなるとしている。また、一本脚でトレッドミル上をホッピングさせ、その後、同じ脚で、地面上でホッピングさせると、ペースを速く感じる残効が見られるが、異なる脚でホッピングした後では、残効は見られなかったことも報告している。

さらに、Rieser, Pick, Ashmead and Garing（1995）は、トレッドミルをトラクターで引かせ、その上を参加者にランニングさせることにより、ランニングによる筋運動感覚と、その移動に伴う視覚情報との不一致を作りだし、この不一致がランニングのペースに錯覚を生じさせることを見出している。

このような筋運動感覚情報と視覚情報に関係した残効は、筋運動感覚のみに関わる筋運動感覚残効と異なり、継続する運動パフォーマンスに何らかの影響を与えると考えられる。また、最近の研究（Nakamoto et al., 2012）では、野球のバッティングにおいて、筋運動感覚残効がタイミング調整に影響を及ぼすことを明らかにしている。

以上、筋運動感覚残効および運動に関わる残効に関する研究を概観してきたが、筋運動感覚残効の運動パフォーマンスに及ぼす影響については、多くの研究が行われているが、はっきりした知見が得られていない。これは、筋運動感覚残効が、短時間に消失してしまう現象であり、その現象の特定が難しいこと

が影響しているのではないかと思われる．そのため，このような錯覚を研究の俎上にのせ，明確な知見を得るためには，残効が生じやすい条件や影響しやすい要因を統制し，現象の特定を行ってから，運動パフォーマンスへの影響を検討することが必要であろう．

1.5 本研究の構成

本研究は、以下に示す7章で構成されている。

第1章は序論とし、スポーツにおける錯覚に関係する文献を展望し、スポーツにおける錯覚の代表的な1つである筋運動感覚残効について解説する。その上で、筋運動感覚残効と運動パフォーマンスの関係を検討する意義について言及する。

第2章は、先行研究の検討から問題の所在を明らかにした上で、本研究の目的と仮説を明示する。

第3章では、実験1を行い、筋運動感覚残効が生じやすいと考えられる砲丸投げにおいて、重さの異なる砲丸を投げることにより、砲丸が軽くあるいは重く感じる筋運動感覚残効が生じるかについて特定し、投てき距離に及ぼす影響について検討する。

第4章では、実験2を行い、砲丸投げにおいて、重い砲丸を投げることで生じる筋運動感覚残効の大きさやその投てき距離への影響が、先行運動の強度、すなわち、投げる砲丸の重さの違いにより、後続運動において、どのように経時的に変化するかについて検討する。

第5章では、実験3を行い、砲丸投げにおいて、重い砲丸を投げることで生じる筋運動感覚残効の大きさやその投てき距離への影響が、先行運動の強度、すなわち、投げる砲丸の重さの違いにより、後続運動において、どのように経時的に変化するかについて検討する。

第6章では、実験4を行い、砲丸投げにおいて、重い砲丸を投げることで生じる筋運動感覚残効の大きさやその投てき距離への影響が、先行運動から後続運動までの時間間隔の違いにより、どのように変化するかについて検討する。

第7章では、実験結果を総合的に考察し、重い砲丸を投げることで、筋運動感覚残効が生じ、運動パフォーマンスが向上する理由について、筋の活動後増

進と環境を運動遂行に有利に知覚することの2つ観点から説明を加え、今後の展望とスポーツ実践への示唆を述べる。

以下の図1.3が、本研究の構成を概念化したものである。

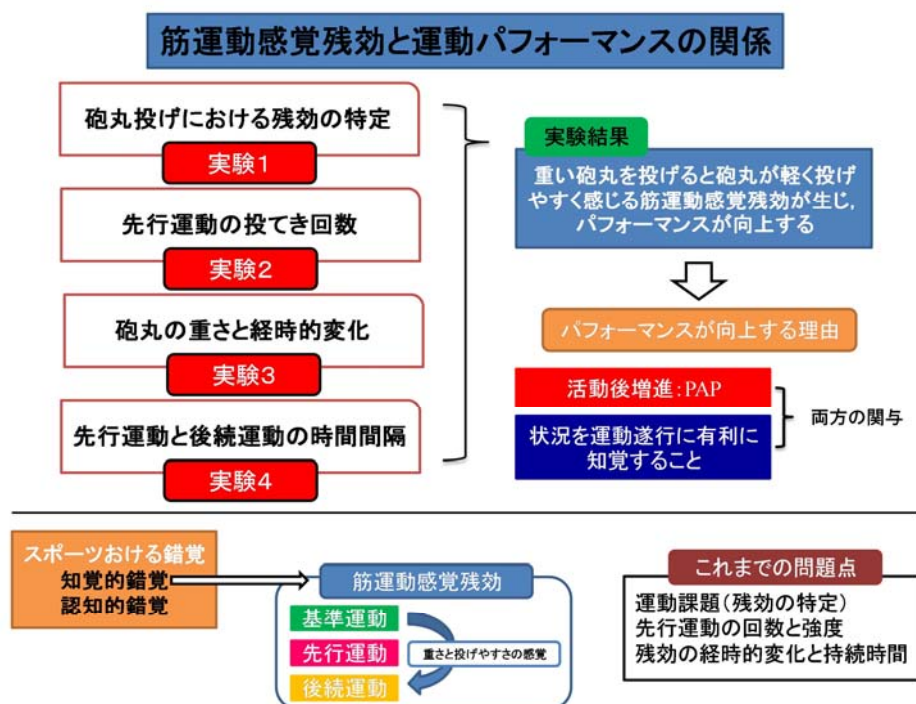


図 1.3 本研究の構成の概念図

第2章 問題及び目的

2.1 問題の所在

ここまでスポーツにおける錯覚の中で、筋運動感覚残効および運動に関わる残効に焦点付け、先行研究を概観してきたが、筋運動感覚残効が運動パフォーマンスに及ぼす影響については、数多く検討されてきているが、はっきりした知見が得られていないというのが現状であろう。

しかし、この筋運動感覚残効が運動パフォーマンスに及ぼす影響については、古くから関心が寄せられ (Cratty, 1973)、いくつか研究 (Kim and Hinrichs, 2005, 2008; Lindeburg and Hewitt, 1965; Nakamoto et al., 2012; Nelson and Lambert, 1965; Nelson and Nofsinger, 1965; Otsuji et al., 2002; Stockholm and Nelson, 1965; 吉岡, 1986) が行われている。例えば、重く大きなバスケットボールを使用した後では、壁パスの回数が増加すること (Lindeburg and Hewitt, 1965) や重い野球のバットを振った後では、打撃時のタイミング調整が困難になること (Nakamoto et al., 2012) が報告されている。また、トランポリン上で複数回跳躍した後で、垂直跳びの運動パフォーマンスが低下すること (吉岡, 1986) も確かめられている。しかし、重く大きなバスケットボールでのシュート (Lindeburg and Hewitt, 1965) や負荷をかけた肘の屈曲運動 (Nelson and Lambert, 1965; Nelson and Nofsinger, 1965)、加重したジャンプ運動 (Stockholm and Nelson, 1965)、重いバットでの素振り (Kim and Hinrichs, 2005, 2008; Otsuji et al., 2002) といった先行運動を行った場合、後続する運動において筋運動感覚残効が生じるものの、運動パフォーマンスへの直接的な影響は見られないとの報告もある。このように、筋運動感覚残効が運動パフォーマンスに及ぼす影響に関する研究では、一貫した結果が得られていない。

一方、筋運動感覚残効について直接的な検討はなされていないが、重さの異

なる用具を使用した準備運動が運動パフォーマンスに及ぼす即時効果について、野球やソフトボールのバッティング課題で、数多くの研究が行われている (DeRenne and Szymanski, 2009)。これらの研究では、重さの異なるバットを使用することで筋運動感覚残効と同様の内容である筋運動感覚錯覚 (kinesthetic illusion) が生じると言及されているが (DeRenne et al., 1992; Montoya et al., 2009; Reyes and Dolny, 2009; Southard and Groome, 2003; Szymanski et al., 2011, 2012), 前述の研究 (Kim and Hinrichs, 2005, 2008; Otsuji et al., 2002) を除くと、実際に筋運動感覚錯覚 (残効) が生じているかについては調べられておらず、あくまで運動パフォーマンスに影響を及ぼす用具の重さに焦点がある。それらの中の DeRenne らによる一連の研究は、標準の重さより少し軽いか少し重いバットで準備運動した後、標準の重さのバットを振ると、高校生 (DeRenne et al., 1992), 大学生及びプロ (DeRenne, 1982; DeRenne and Branco, 1986) の野球選手で、バット速度が速くなることを報告している。さらに、重すぎるあるいは軽すぎるバットでの準備運動は、標準の重さのバット速度に悪い影響を及ぼし、良い影響が見られるのは、標準のバットの重さの $\pm 12\%$ であることが確かめられている (Szymanski et al., 2012)。また、重すぎるバットでの準備運動よりも、標準の重さやより軽いバットでの準備運動の方が、その後のバット速度が速くなることが確かめられており (Southard and Groome, 2003), 他の研究 (Montoya et al., 2009) でも同様の結果が報告されている。加えて、バッティングのシミュレーション課題において、重さの異なるバットを使用した後では、バッティング動作の時間的誤差が大きくなること (Scott and Gray, 2010) が報告されている。このように、重さの異なるバットを使用した準備運動は、スイング速度などの運動パフォーマンスに良い影響または悪い影響を及ぼすことが多くの研究で報告されている。その一方で、重さの異なる3つのバット (Reyes and Dolny, 2009) や重さの異なる10の用具 (Szymanski et al., 2011) を用いた準備運動の即時効果

について、バット速度への影響は確認されなかったという研究もあり、同様の結果が、ソフトボール (Szymanski et al., 2012) でも確認されている。その他、ピッチング課題でも、重さの異なるボールを使用した準備運動の即時効果が検討されているが、速度や正確性への影響は確認されていない (森本ら, 2003)。

また、このような重さの異なる用具での準備運動やトレーニングは、古くから陸上競技の投てき種目でも行われている。例えば、「重量を増加した用具でのトレーニング遂行時には運動感覚がより明瞭化され、運動制御をするための自己情報が強化される」(グロッサー・ノイマイヤー, 1995) と考えられ、砲丸投げのトレーニングに導入されている (全米陸上競技連盟, 2004)。しかし、「極度に軽い投てき物は筋肉の予備伸張を助長せず、動作が小さく短いものとなり、その結果、運動パフォーマンスの低下を招く」(グルガリガ, 1978) ことや「重い用具の投てきは、適用を誤ると、投てき動作の調整された流れを乱してしまうかもしれないので用心しなければならない」(マトベーエフ, 1978) ことが指摘されている。このような指摘を踏まえ、陸上競技の投てき種目では、単純に投てき物の重さを増減させるのではなく、運動の中核構造や基本的なリズムを損なうことなく運動を遂行することが重要であることから、一般に用具の増減は、通常重量の 5% から 20% といった、より小さな変化領域で行われているようである (森本・村木, 2001 ; 森本ら, 2004)。

ところが、このような指摘がなされているにもかかわらず、陸上競技の投てき種目において、重さの異なる用具を投げた後の運動パフォーマンスに対する即時効果を検討した研究は数少ない。また、これらの研究では、筋運動感覚残効が生じているかについては調べられていない。例えば、西藤 (1979) は、砲丸投げや円盤投げ、槍投げ、ハンマー投げのそれぞれで、通常よりも軽いあるいは重い用具を投げた後に、標準の重さの用具を投げた時の記録を測定し、軽い用具を投げた後で、概ね記録が良いが、統計上、有意差は認められなかった。

また、砲丸投げでは、重い用具を投げた後の投てき距離の向上は確認されていない (Judge et al., 2012). しかし、重量投げ (ハンマー投げよりもワイヤーが短く、投てき物が重い競技) において、重い用具を投げた後に標準の重さの用具を投げると、高校生 (Judge et al., 2010) や大学生 (Judge et al., 2012) で、投てき距離が向上すると報告されている.

以上のように、筋運動感覚残効や重さの異なる用具による準備運動の即時効果に関する研究は数多く行われている. しかし、これらの研究を見ると、その運動パフォーマンスへの影響については、一貫した結果が得られておらず、整合性のある知見が蓄積されていないのが現状であろう.

特に、筋運動感覚残効の運動パフォーマンスへの影響については、明確な結果が得られていない (兄井, 2005 ; 工藤, 1989 ; Sage, 1984). これは、筋運動感覚残効が、短時間に消失してしまう現象 (落合, 1976) であり、その特定が難しく (兄井, 2005), また、筋運動感覚残効を生じさせる先行運動の強度を設定することが難しいこと (兄井, 2005) が原因と考えられている. さらに、Southard and Groomer (2003) の研究が示唆する通り、先行運動のバットの重さが軽すぎたり、重すぎたりすると、その後の標準の重さでの素振りと運動パターンが異なり、運動の構造やリズムなどを損ない、後続運動の運動パフォーマンスを阻害すると考えられる. そのため、筋運動感覚残効による運動パフォーマンスへの影響を検討するためには、このような運動パフォーマンスを阻害する要因を小さくし、適切な先行運動の強度を設定する必要がある. さらに、筋運動感覚残効は、先行運動の直後が最大であり、ゆっくりと消失し (Cratty, 1973), 先行運動と後続運動の間隔が長いほど効果が小さくなる (Sage, 1984) と指摘されている. このことから、筋運動感覚残効の持続時間や経時的な変化を考慮すること、さらに、先行運動から後続運動までの時間間隔の設定も適切に行わなくてはならないと考えられる. このように、筋運動感覚残効と運動パフォーマンス

ンスの関係を検討するためには、先行運動の強度、筋運動感覚残効の持続時間、その経時的な変化、先行運動から後続運動までの時間間隔の特定といった解決すべき実験上の問題点が数多く存在するため、明確な知見が得られていない(兄井, 2005)と推察される。

しかし、筋運動感覚残効により生じる用具や身体が軽く感じるといった好ましい感覚は、スポーツの練習や試合における過度の緊張を解しリラックスさせる等の心理的な側面に良い効果をもたらすと考えられ(兄井, 1998)、この領域についてもっと徹底的な検討が必要であるとの指摘(シンガー, 1986)もあることから、スポーツの実践で活用できる知見を得るためにも、筋運動感覚残効と運動パフォーマンスの関係を詳細に検討する必要があると考えられる。

ところで、本研究で取り上げる陸上競技の投てき種目の一つである砲丸投げは、重い砲丸を片手で遠くに投げることを競い合う競技である。そのため競技で使用する砲丸が重く感じられることは競技にとって良いことではなく、準備運動などによって砲丸が軽く感じさせることができれば、運動パフォーマンスを向上させる助けになると考えられている(Judge, 2009)。このことから、砲丸投げでは、実際に準備運動などで、砲丸が軽く、あるいは重く感じられることがあり、筋運動感覚残効が生じやすい運動だと考えられる。さらに、砲丸投げの準備運動については、実際に投げる前に、両手で頭上から後ろ向きに砲丸を投げ上げる動作(Judge et al., 2013)、あるいは、反動を付けた垂直跳びやスプリント(Terzis et al., 2012)が、その後の運動パフォーマンスの向上に有効であることが確かめられている。これらのことから、砲丸投げにおいて、重さの異なる砲丸を投げる準備運動を適切に行えば、その後の運動パフォーマンスが向上する可能性があると考えられる。

また、筋運動感覚残効と運動パフォーマンスの関係を検討する場合、実際に運動を行う対象者の特性を考慮する必要がある。例えば、運動を行う対象者の

身長や体重といった身体サイズや基礎的な運動能力、さらに、専門的に練習を行っている過去の経験や競技レベルの違いによって、筋運動感覚残効と運動パフォーマンスの関係も異なると考えられる。本研究で取り上げる陸上競技の砲丸投げは、全く運動経験が者を対象者にする場合、筋運動感覚残効のよりも、身体サイズや基礎的な運動能力の違いにより、運動パフォーマンスに大きな影響が現れると推察される。また、砲丸投げを専門に行っている競技レベルの高い者を対象者にとすると、砲丸投げを日常的に行っているために、筋運動感覚残効により砲丸の重さや投げやすさの感覚に違いがあっても、その感覚の違いを上手く調整してパフォーマンスに変化が現れにくいとも推察される。そこで

本研究では、日常的に運動を行っているが、競技として専門的に砲丸投げを行っていない運動部に所属している男子大学生を対象に実験を行うこととする。

2.2 目的と仮説

本研究では、筋運動感覚残効と運動パフォーマンスの関係を明らかにするために、先述の解決すべき実験上の問題点をできる限り克服し、筋運動感覚残効が生じやすいと考えられる砲丸投げにおいて、重さの異なる砲丸を投げることで生じる筋運動感覚残効がパフォーマンスに及ぼす影響について検討することを目的とする。そのために、本研究では、一連のフィールド実験を行うこととする。

なお、各実験の仮説は、筋運動感覚残効の先行研究や文献（兄井, 2005 ; Cratty, 1973 ; 工藤, 1989 ; 落合, 1976 ; Sage, 1984）の知見を踏まえ、次の通りとした。

実験1：重い砲丸を投げると、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が向上する。また、軽い砲丸を投げると、砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が低下する（筋運動感覚残効と運動パフォーマンスへの影響の特定）。

実験2：重い砲丸を投げる回数が多くなると、より砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が向上する。また、軽い砲丸を投げる回数が多くなると、より砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が低下する（先行運動の投てき回数の特定）。

実験3：先行運動で投げる砲丸の重さが重いほど大きな筋運動感覚残効が生じ、それに対応して投てき距離も向上する（先行運動の強度の特定）。また、筋運動感覚残効及び投てき距離への影響は、経時的に変化し、後続運動の投てき回数が増えると小さくなる（筋運動感覚残効の持続時間と経時的変化の特定）。

実験4：筋運動感覚残効及び投てき距離への影響は、先行運動の直後が最大で、先行運動から後続運動までの時間間隔が長くなると小さくなる（先行運動から後続運動までの時間間隔の特定）。

第3章 重さの筋運動感覚残効が砲丸投げのパフォーマンスに及ぼす影響（実験1）

3.1 目的

筋運動感覚残効が生じやすいと考えられる砲丸投げにおいて、重さの異なる砲丸を投げることにより、砲丸が軽くあるいは重く感じる筋運動感覚残効が生じるかについて特定し、投てき距離に及ぼす影響について検討する。

実験1の仮説は以下とした。

重い砲丸を投げると、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が向上する。また、軽い砲丸を投げると、砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が低下する（筋運動感覚残効とパフォーマンスへの影響の特定）。

3.2 方法

3.2.1 参加者

運動部に所属している男子大学生 22 名（年齢 19～22 歳）で、実験の趣旨に同意を得た上で実施した。参加者は、学校体育で砲丸投げの経験があるが、専門的に砲丸投げのトレーニングを一度も行ったことのない者であった。また、参加者の身体特性について、以下の項目で測定を行った。身体サイズは、身長、体重、脚長、眼高、運動能力は、垂直跳び、背筋力、握力（左右）、柔軟性（Straight Lag Raising 検査：SLR 検査）、走力（スタンディングポジションでの 30m 走ダッシュ）であった。

3.2.2 砲丸の重さと場所

使用した砲丸の重さは、重いあるいは軽い砲丸を投げる前後のパフォーマンスを測定するために行われた基準運動と後続運動では、4.0 kg であった。また、重さの異なる砲丸を投げる先行運動での砲丸の重さは、2.72 kg と 4.0 kg、5.45 kg のいずれかであった。この砲丸の重さについては、予備実験において、参加者の投てきフォームにあまり変化がなく無理なく砲丸を投げることができ、かつ、確実に筋運動感覚残効が生じることを確認した上で、比較的に入手が簡単な重さである中学校女子の規格の 2.72 kg（6 ポンド）、一般女子の規格の 4.0 kg 及び、高等学校男子の旧規格（ルールの変更により 2006 年より 6.0 kg に移行）の 5.45 kg（12 ポンド）に設定した。実験場所は、第 3 種陸上競技場の砲丸投げのサークルであった。

3.2.3 手続き

参加者は、ストレッチ運動などの準備運動を十分に行った後、4.0 kg の砲丸で

任意の回数、投てき練習を行った。その後、重さの異なる砲丸を投げる前の基準のパフォーマンスを測定するために、基準運動では、4.0 kgの砲丸を2投行った。次に、重さの異なる砲丸を投げる先行運動では、2.72 kg、4.0 kgあるいは5.45 kgのいずれかの砲丸で3投行った。そして、重さの異なる砲丸を投げた後のパフォーマンスを測定するために、後続運動では、4.0 kgの砲丸を2投行った。この基準運動の2投と先行運動の3投、後続運動の2投の計7投を1セットとして、先行運動の砲丸の重さを変えて、十分な休憩を挟んで、残り2セットを行い、1日で全3セットを行った。そのため、先行運動の砲丸の重さは3セット間で異なっており、重さの異なる砲丸を投げる順序は、参加者間でランダムであった。各投てきの時間間隔は、実験者が参加者に砲丸を手渡しし、無理のない程度に連続して行わせ、休止ができないように配慮した。また、参加者にもできる限り早く投げるように事前に指示した。

筋運動感覚残効について、参加者は、砲丸の重さと投げやすさについて、2回の後続運動の投てきごとに、基準運動と比べて判断するように求められた。この主観的判断は、各セットの全投てきが終わった後に一括して行われた。また、先行研究では、5段階（Nakamoto et al., 2012; Otsuji et al., 2002）や11段階（Kim and Hinrichs; 2005）で、主観的判断を求めている。しかし、本研究では、両極（軽いー重い、投げやすいー投げにくい）で判断させること、また、回答の簡便さを考慮して、11段階ではなく、一方の極で3段階とし、「どちらでも無い」を含む7段階で主観的判断を求めた。砲丸の重さについては、とても軽く感じる(1)、軽く感じる(2)、少し軽く感じる(3)、どちらでも無い(4)、少し重く感じる(5)、重く感じる(6)、とても重く感じる(7)として、()の中の数字に得点化した。そのため、この得点の値が小さくなるほど砲丸を軽く感じているといえる。また、砲丸の投げやすさについては、とても投げやすく感じる(1)、投げやすく感じる(2)、少し投げやすく感じる(3)、どちらでも無い(4)、少し投げにく

く感じる(5), 投げにくく感じる(6), とても投げにくく感じる(7)として, ()の中の数字に得点化した。そのため, この得点の値が小さくなるほど砲丸を投げやすく感じているといえる。

投てき距離の測定は, 投てきごとに砲丸の落ちた後に目印を付け, 各セットの全ての投てきが終了した後一括して行った。また, 投てき距離は, 砲丸の落ちた跡で, サークルに最も近い地点からサークルの中心をつなぐ線上でサークルの内側までとした。

また, 参加者は, 他の参加者の投てきを見ることはなく, 他の参加者の主観的判断の回答についても知ることがないように配慮した。なお, 事前に注意を与えていたため, 投てきの際に, サークルから足が出るなどのファールする参加者は見られなかった。

3.2.4 統計処理

後続運動における砲丸の重さと投げやすさの主観的判断については, 先行運動の砲丸の重さによる違いを検証するために, 先行運動の砲丸の重さと後続運動の投てき回数を要因とする対応のある2要因分散分析を行った。また, 投てき距離については, 先行運動の砲丸の重さによる基準運動と後続運動のパフォーマンスの違いを検証するために, 先行運動の砲丸の重さと基準運動及び後続運動の投てき回数を要因とする対応のある2要因分散分析を行った。各分散分析において, 主効果及び交互作用が有意であった場合, 事後検定としてBonferroni法を用いて多重比較を行った。統計的有意水準は, 5%未満とした。

3.3 結果と考察

参加者の身体特性について、表3.1に示した。これを見ると、一般的な運動部所属の大学生の身体特性とほぼ同じであると推察できる。

表3.1 実験1における参加者の身体特性

	平均値	標準偏差
年齢	20.8	1.3
身長(cm)	172.3	6.2
体重(kg)	64.0	6.6
脚長(cm)	81.5	4.7
眼高(cm)	161.0	6.3
垂直跳(cm)	60.0	7.8
背筋力(kg)	141.2	20.6
握力右(kg)	51.2	7.2
握力左(kg)	47.0	7.3
SLR(度)	90.7	12.8
30m走(秒)	4.4	0.2

次に、後続運動における砲丸の重さの主観的判断について、表3.2に示した。砲丸の重さの主観的判断について、2要因分散分析を行った結果、砲丸の重さの主効果 ($F(2, 42) = 187.53, p < .01, \eta_p^2 = .89$) 及び交互作用 ($F(2, 42) = 3.32, p < .05, \eta_p^2 = .14$) が有意であった。単純主効果の検定を行った結果、砲丸の重さの要因では、2.72 kgの単純主効果が有意であり、後続運動の1投目は、2投目より大きな値であった。また、投てき回数の要因では、1投目 ($F(2, 42) = 76.92, p < .01$) と2投目 ($F(2, 42) = 182.43, p < .01$) の単純主効果が有意であった。多重比較の結果、すべての砲丸の重さの間に有意差が見られた。これらのことから、2.72 kgの砲丸を投げた後の1投目は、2投目よりも砲丸を重く感じるといえる。また、5.45 kgの砲丸を投げた後の投てきでは、4.0 kgの砲丸を投げた後の投てきよりも、砲丸を軽く感じ、2.72 kgの砲丸を投げた後の投てきでは、砲丸を重く

感じるといえる。

表3.2 実験1の後続運動における砲丸の重さの主観的判断

重さ	1投目	2投目
2.72kg	5.8 \pm 1.1	5.2 \pm 0.8
4.0kg	4.0 \pm 0.6	4.0 \pm 0.7
5.45kg	1.9 \pm 1.0	1.9 \pm 0.7

また、後続運動における砲丸の投げやすさの主観的判断について、表3.3に示した。砲丸の投げやすさの主観的判断について、2要因分散分析を行った結果、砲丸の重さの要因でのみ主効果（ $F(2, 42) = 77.78, p < .01, \eta_p^2 = .79$ ）が有意であった。多重比較の結果、すべての砲丸の重さ間で有意差が見られた。このことから、5.45 kgの砲丸を投げた後の投てきでは、4.0 kgの砲丸を投げた後の投てきよりも、砲丸を投げやすく感じ、2.72 kgの砲丸を投げた後の投てきでは、砲丸を投げにくく感じるといえる。

表3.3 実験1の後続運動における砲丸の投げやすさ主観的判断

重さ	1投目	2投目
2.72kg	5.5 \pm 1.1	5.0 \pm 1.0
4.0kg	4.0 \pm 0.6	4.0 \pm 0.8
5.45kg	2.0 \pm 1.0	2.0 \pm 0.9

さらに、各運動における投てき距離の平均を、図3.1に示した。基準運動と後続運動の投てき距離について、2要因分散分析を行った結果、砲丸の重さ（ $F(2, 126) = 18.46, p < .01, \eta_p^2 = .47$ ）及びその交互作用（ $F(6, 126) = 10.97, p < .01, \eta_p^2 = .34$ ）が有意であった。単純主効果の検定を行った結果、砲丸の重さの要因では、5.45 kg（ $F(3, 126) = 13.03, p < .01$ ）の単純主効果が有意であった。多重比較の結果、5.45 kgの砲丸を投げた後の後続運動（1, 2投目）の投てき距離は、基準運動（1,

2 投目) の投てき距離よりも長かった。また、各運動の投てき回数の要因では、後続運動 1 投目 ($F(2, 126)=28.33, p<.01$) と 2 投目 ($F(2, 126)=21.09, p<.01$) の単純主効果が有意であった。多重比較の結果、後続運動 (1, 2 投目) では、先行運動で 5.45 kg の砲丸を投げた後の投てき距離は、4.0 kg 及び 2.72 kg の砲丸を投げた後よりも長かった。これらのことから、5.45 kg の砲丸を投げた後の投てき距離は、基準運動よりも長く、また、2.72 kg 及び 4.0 kg の砲丸を投げた後よりも長いといえる。

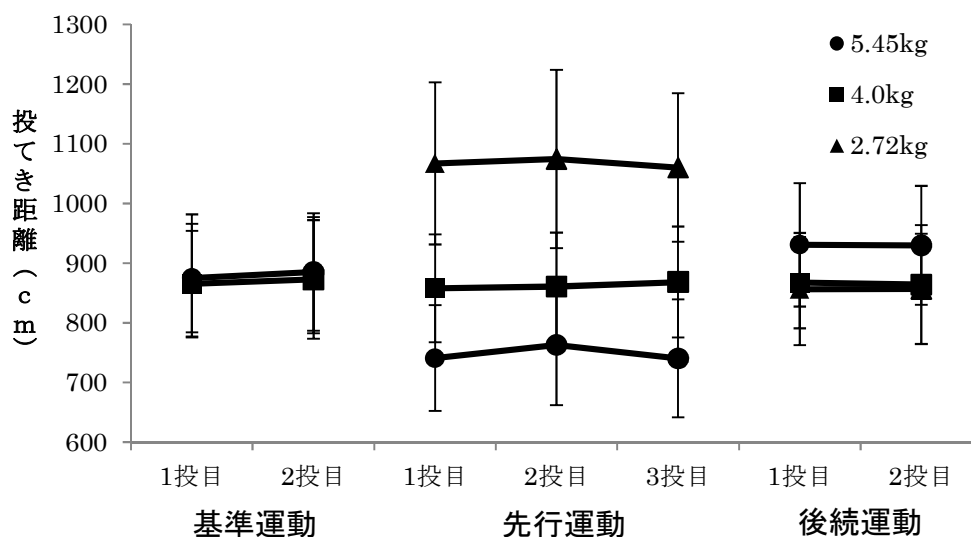


図3.1 実験1の各運動における投てき距離の平均

以上から、先行運動で 5.45 kg の重い砲丸を投げると、後続運動において、基準運動よりも、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が長くなり、パフォーマンスが向上することが明らかとなった。この結果は、重い砲丸を投げると、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が向上するという仮説を支持するものであった。しかし、先行運動で 2.72 kg の軽い砲丸を投げると、後続運動において、基準運動よりも、砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じるものの、投てき距離に差

は見られず、パフォーマンスに変化は見られなかった。このことから、軽い砲丸を投げると、砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が低下するという仮説については、支持されなかった。

このように、重い砲丸を投げた後では、筋運動感覚残効が生じ、パフォーマンスの向上が見られた結果は、筋運動感覚残効が生じるもののパフォーマンスの向上を確認できなかった研究の結果（Lindeburg and Hewitt, 1965; Nelson and Lambert, 1965; Nelson and Nofsinger, 1965; Stockholm and Nelson, 1965; Kim and Hinrichs; 2005, 2008; Otsuji et al., 2002）や指摘（落合, 1976 ; Sage, 1984）と異なるものである。この理由としては、実験で用いた運動課題が異なることが考えられる。先行研究で用いられたバスケットボールのシュートや野球のバッティングは、運動を制御しながらねらいを定める調整が必要となる運動である（Nakamoto et al., 2012; Scott and Gray, 2010）。そのため、これらの運動では、最大努力でボールを投げたり、バット振ったりしないことから、用具が軽く、動きが速く感じる筋運動感覚残効が生じていても、パフォーマンスに影響を及ぼさないと考えることができる。しかし、本研究で取り上げた砲丸投げは、精密な運動調整よりも、最大努力で重い砲丸を投げることが重要な運動である。そのため、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、パフォーマンスが向上することが考えられる。

さらに、筋運動感覚残効が生じているかについては調べられていないが、本研究と同じく砲丸投げを運動課題とした研究（Judge et al., 2012; 西藤, 1979）では、重い砲丸を投げた後の投てき距離において、パフォーマンスの向上を確認しておらず、本研究と異なるものである。この理由としては、参加者が異なることが考えられる。先行研究（Judge et al., 2012; 西藤, 1979）の参加者は、大学生の投てき選手で、専門的なトレーニングを行っているアスリートであるが、本研究では、専門的に砲丸投げのトレーニングを一度も行ったことのない

者であった。この砲丸投げのトレーニング経験の有無が、結果に影響を及ぼしたのではないかと考えられる。また、先行研究（Judge et al., 2012; 西藤, 1979）では、重い砲丸を投げた先行運動から後続運動までの時間間隔が示されておらず、本研究のように先行運動直後に後続運動が行われていなかったのではないかと推察される。

以上のように、砲丸投げにおいては、重さの異なる砲丸を投げることで、筋運動感覚残効が生じ、重い砲丸を投げた後ではパフォーマンスに良い影響を及ぼすことが明らかとなった。

3.4 まとめ

本章では、筋運動感覚残効が生じやすいと考えられる砲丸投げにおいて、重さの異なる砲丸を投げることにより、砲丸が軽くあるいは重く感じる筋運動感覚残効が生じるかについて特定し、投てき距離に及ぼす影響について検討することが目的で、実験1を行った。この実験1の仮説は、重い砲丸を投げると、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が向上する。また、軽い砲丸を投げると、砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が低下するというもので、筋運動感覚残効とパフォーマンスへの影響を特定するためのものであった。結果は、以下のようになった。

1) 先行運動で 5.45 kgの重い砲丸を投げると、後続運動において、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が長くなり、パフォーマンスが向上した。

2) しかし、先行運動で 2.72 kgの軽い砲丸を投げると、後続運動において、砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じたものの、投てき距離に差は見られず、パフォーマンスに変化は見られなかった。

この結果は、重い砲丸を投げると、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が向上するという仮説を支持するものであった。しかし、先行運動で 2.72 kgの軽い砲丸を投げると、後続運動において、基準運動よりも、砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じるものの、投てき距離に差は見られず、パフォーマンスに変化は見られなかった。このことから、軽い砲丸を投げると、砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が低下するという仮説については、一部支持されなかった。

以上のように、砲丸投げにおいては、重さの異なる砲丸を投げることで、筋

運動感覚残効が生じ、重い砲丸を投げた後ではパフォーマンスに良い影響を及ぼすことが明らかとなった。

第4章 先行運動の回数が筋感覚運動残効と砲丸投げのパフォーマンスの及ぼす影響（実験2）

4.1 目的

砲丸投げにおいて、重さの異なる砲丸を投げることで生じる筋運動感覚残効の大きさや投てき距離への影響が、先行運動の投てき回数の違いにより、どのように変化するかについて検討する。

実験2の仮説は以下とした。

重い砲丸を投げる回数が多くなると、より砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が向上する。また、軽い砲丸を投げる回数が多くなると、より砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が低下する（先行運動の投てき回数の特定）。

4.2 方法

4.2.1 参加者

運動部に所属している男子大学生 24 名（年齢 19～21 歳）で、実験の趣旨に同意を得た上で実施した。参加者は、学校体育で砲丸投げの経験があるが、専門的に砲丸投げのトレーニングを一度も行ったことのない者であった。また、実験 1 とは異なる参加者であった。なお、参加者の身体特性について、以下の項目で測定を行った。身体サイズは、身長、体重、脚長、眼高、運動能力は、垂直跳び、背筋力、握力（左右）、柔軟性（Straight Leg Raising 検査：SLR）、走力（スタンディングポジションでの 30m 走ダッシュ）であった。

4.2.1 砲丸の重さと場所

使用した砲丸の重さは、重いあるいは軽い砲丸を投げる前後のパフォーマンスを測定するために行われた基準運動と後続運動では、4.0 kg であった。また、重さの異なる砲丸を投げる先行運動での砲丸の重さは、2.72 kg と 4.0 kg、5.45 kg のいずれかであった。この砲丸の重さについては、予備実験において、参加者の投てきフォームにあまり変化がなく無理なく砲丸を投げることができ、かつ、確実に筋運動感覚残効が生じることを確認した上で、比較的に入手が簡単な重さである中学校女子の規格の 2.72 kg（6 ポンド）、一般女子の規格の 4.0 kg 及び、高等学校男子の旧規格（ルールの変更により 2006 年より 6.0 kg に移行）の 5.45 kg（12 ポンド）に設定した。実験場所は、第 3 種陸上競技場の砲丸投げのサークルであった。

4.2.2 手続き

実験は 2 日間で行った。まず、参加者を 2 群に分けた。その 1 群の参加者は、

参加者は、ストレッチ運動などの準備運動を十分に行った後、4.0 kgの砲丸で任意の回数、投てき練習を行った。その後、重さの異なる砲丸を投げる前の基準のパフォーマンスを測定するために、基準運動では、4.0 kgの砲丸を2投行った。次に、重さの異なる砲丸を投げる先行運動では、2.72 kgあるいは、5.45 kgの砲丸で1, 3, 5投のいずれかを行った。そして、重さの異なる砲丸を投げた後のパフォーマンスを測定するために、後続運動では、4.0 kgの砲丸を2投行った。この基準運動の2投と先行運動の1, 3, 5投、後続運動の2投を1セットとして、先行運動の先行運動の投てき回数を変えて、十分な休憩を挟んで、残り2セットを行い、1日で全3セットを行った。そのため、先行運動の投てき回数は3セット間で異なっており、先行運動の投げる回数の順序は、参加者間でランダムであった。実験2日目は、前日と異なる重さの砲丸を先行運動で投げることで、同じ手続きであった。各投てきの時間間隔は、実験者が参加者に砲丸を手渡しし、無理のない程度に連続して行わせ、休止ができないように配慮した。また、参加者にもできる限り早く投げるように事前に指示した。

筋運動感覚残効について、参加者は、砲丸の重さと投げやすさについて、2回の後続運動の投てきごとに、基準運動と比べて判断するように求められた。この主観的判断は、各セットの全投てきが終わった後に一括して行われた。また、先行研究では、5段階（Nakamoto et al., 2012; Otsuji et al., 2002）や11段階（Kim and Hinrichs; 2005）で、主観的判断を求めている。しかし、本研究では、両極（軽いー重い、投げやすいー投げにくい）で判断させること、また、回答の簡便さを考慮して、11段階ではなく、一方の極で3段階とし、「どちらでも無い」を含む7段階で主観的判断を求めた。砲丸の重さについては、とても軽く感じる(1)、軽く感じる(2)、少し軽く感じる(3)、どちらでも無い(4)、少し重く感じる(5)、重く感じる(6)、とても重く感じる(7)として、()の中の数字に得点化した。そのため、この得点の値が小さくなるほど砲丸を軽く感じているとい

える。また、砲丸の投げやすさについては、とても投げやすく感じる(1)、投げやすく感じる(2)、少し投げやすく感じる(3)、どちらでも無い(4)、少し投げにくく感じる(5)、投げにくく感じる(6)、とても投げにくく感じる(7)として、()の中の数字に得点化した。そのため、この得点の値が小さくなるほど砲丸を投げやすく感じているといえる。

投てき距離の測定は、投てきごとに砲丸の落ちた後に目印を付け、各セットの全ての投てきが終了した後一括して行った。また、投てき距離は、砲丸の落ちた跡で、サークルに最も近い地点からサークルの中心をつなぐ線上でサークルの内側までとした。

また、参加者は、他の参加者の投てきを見ることはなく、他の参加者の主観的判断の回答についても知ることがないように配慮した。なお、事前に注意を与えていたため、投てきの際に、サークルから足が出るなどのファールする参加者は見られなかった。

4.2.4 統計処理

後続運動における砲丸の重さと投げやすさの主観的判断については、先行運動の砲丸の重さと投てき回数による違いを検証するために、先行運動の砲丸の重さと投てき回数及び後続運動の投てき回数を要因とする対応のある3要因分散分析を行った。また、投てき距離については、先行運動の砲丸の重さと投てき回数による基準運動と後続運動のパフォーマンスの違いを検証するために、先行運動の砲丸の重さと投てき回数及び後続運動の投てき回数を要因とする対応のある3要因分散分析を行った。各分散分析において、主効果及び交互作用が有意であった場合、事後検定として Bonferroni 法を用いて多重比較を行った。統計的有意水準は、5%未満とした。

4.3 結果と考察

参加者の身体特性について、表4.1に示した。これを見ると、一般的な運動部所属の大学生の身体特性とほぼ同じであると推察できる。

表4.1 実験2における参加者の身体特性

	平均値	標準偏差
年齢	19.5	0.7
身長(cm)	174.7	5.5
体重(kg)	65.0	5.0
脚長(cm)	87.9	4.1
眼高(cm)	161.3	5.5
垂直跳(cm)	61.6	7.6
背筋力(kg)	164.5	38.6
握力右(kg)	52.3	7.7
握力左(kg)	46.6	6.4
SLR(度)	88.3	12.5
30m走(秒)	104.5	16.7

次に、後続運動における砲丸の重さの主観的判断について、表4.2に示した。砲丸の重さの主観的判断について、2要因分散分析を行った結果、砲丸の重さの主効果（ $F(1, 23) = 279.57, p < .01, \eta^2 p^2 = .92$ ）のみ有意であった。この結果、先行運動の投てき回数に関係なく、5.45 kgの砲丸を投げた後の投てきでは、2.72 kgの砲丸を投げた後の投てきよりも、砲丸を軽く感じるといえる。

表4.2 実験2の後続運動における砲丸の重さの主観的判断

砲丸の重さ	1回	3回	5回
2.72kg	2.0 \pm 0.2	2.5 \pm 1.4	2.1 \pm 0.9
5.45kg	5.7 \pm 1.5	5.6 \pm 1.7	5.7 \pm 1.5

また、後続運動における砲丸の重さの主観的判断について、表4.3に示した。

砲丸の投げやすさの主観的判断について、2 要因分散分析を行った結果、砲丸の重さの要因でのみ主効果 ($F(1, 23)=21.06, p<.01, \eta^2=.48$) が有意であった。この結果、先行運動の投てき回数に関係なく、5.45 kgの砲丸を投げた後の投てきでは、2.72 kgの砲丸を投げた後の投てきよりも、砲丸を投げやすく感じるといえる。

表4.3 実験2の後続運動における砲丸の投げやすさの主観的判断

砲丸の重さ	1回	3回	5回
2.72kg	2.5 \pm 1.7	2.3 \pm 1.4	2.4 \pm 1.6
5.45kg	4.7 \pm 2.2	4.5 \pm 2.3	4.8 \pm 2.1

さらに、各運動における投てき距離の平均を、図4.1に示した。基準運動と後続運動の投てき距離について、3 要因分散分析を行った結果、砲丸の重さ ($F(1, 138)=4.94, p<.05, \eta^2=.18$) 及び、砲丸の重さと後続運動の投てき回数の交互作用 ($F(3, 138)=13.87, p<.01, \eta^2=.38$) が有意であった。単純主効果の検定を行った結果、砲丸の重さの要因では、2.72 kg ($F(3, 21)=3.21, p<.05$) と 5.45 kg ($F(3, 21)=9.89, p<.01$) の単純主効果が有意であった。多重比較の結果、5.45 kgの砲丸を投げた後の後続運動（1, 2 投目）の投てき距離は、基準運動（1, 2 投目）の投てき距離よりも長かった。また、2.72 の砲丸を投げた後の後続運動の1 投目は、基準運動の1 投目よりも短かった。

また、後続運動の投てき回数において、単純主効果の検定を行った結果、後続運動の1 投目 ($F(1, 23)=16.18, p<.01$) と 2 投目 ($F(1, 23)=9.40, p<.01$) で有意であった。多重比較を行った結果、5.45 kgの砲丸を投げた後の後続運動（1, 2 投目）の投てき距離は、2.72 kgの砲丸を投げた後の後続運動（1, 2 投目）の投てき距離よりも長かった。これらのことから、先行運動の投てき回数に関係なく、5.45 kgの砲丸を投げた後の投てき距離は、基準運動よりも長く、また、

2.72 kgの砲丸を投げた後よりも長いといえる。さらに、2.72 kgの砲丸を投げた後の1投目の投てき距離は、基準運動の1投目よりも長いといえる。

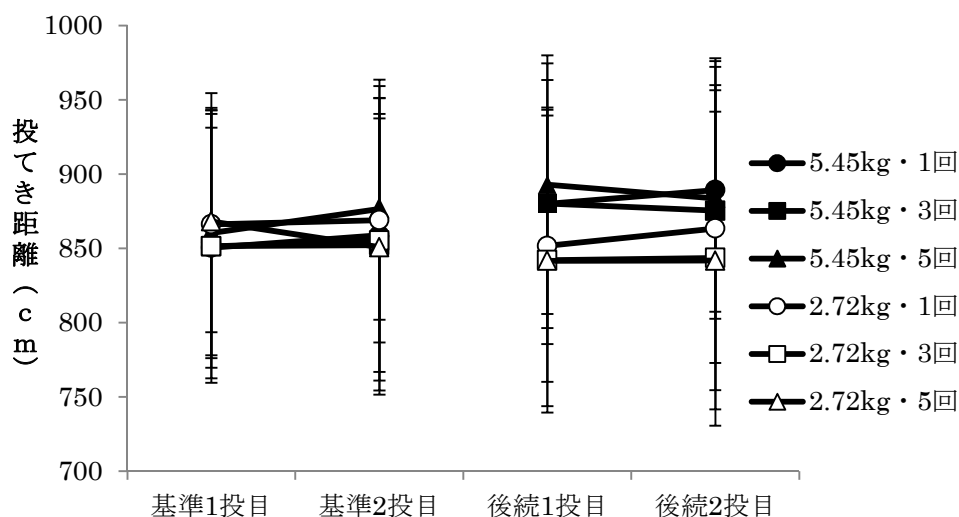


図4.1 実験2における投てき距離の平均

以上から、先行運動の投てき回数に関係なく、先行運動で 5.45 kgの重い砲丸を投げると、後続運動において、基準運動よりも、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が長くなり、パフォーマンスが向上することが明らかとなった。しかし、先行運動で 2.72 kgの軽い砲丸を投げると、後続運動において、基準運動よりも、砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じるものの、後続運動の1投目と基準運動の1投目に差が見られたもののその他では投てき距離に差は見られず、明確なパフォーマンスに変化は見られなかった。

このように、実験1と同じく、重い砲丸を投げた後では、筋運動感覚残効が生じ、パフォーマンスの向上が見られた。また、軽い砲丸を投げた後では、筋運動感覚残効が生じ、明確なパフォーマンスに変化は見られなかった。さらに、実験全体を通じて、先行運動の投てき回数による筋運動感覚残効や投てき距離

の違いは確認できなかった。

この結果は、先行運動の時間や回数が長いほど筋運動感覚残効が大きくなるという指摘（Sage, 1984）や筋運動感覚残効の大きさは、ある時点までは飽和課題（本研究では、先行運動）を行う時間の関数として増加するという指摘（Cratty, 1972；落合, 1977）と異なるものであった。本実験の結果では、重い砲丸を1回投げただけでも、筋運動感覚残効が生じ、パフォーマンスが向上すると考えられる。この明確な理由については分からないが、先行運動で5.45 kgの重い砲丸を投げるだけでも十分な運動負荷になり、筋運動感覚残効が生じるのではないかと考えられる。また、軽い砲丸を投げた後では、実験1と同じく、筋運動感覚残効は生じるものの明確なパフォーマンスの変化は確認できなかった。このことから、軽い砲丸を投げることによるパフォーマンスへの影響は見られないのではないかと推察できる。

4.4 まとめ

本章では、砲丸投げにおいて、重さの異なる砲丸を投げることで生じる筋運動感覚残効の大きさや投てき距離への影響が、先行運動の投てき回数の違いにより、どのように変化するかについて検討することが目的で、実験2を行った。この実験2の仮説は、重い砲丸を投げる回数が増えると、より砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が向上する。また、軽い砲丸を投げる回数が増えると、より砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が低下するというもので、先行運動の投てき回数の特定するためのものであった。結果は、以下のようになった。

1) 先行運動の投てき回数に関係なく、先行運動で 5.45 kgの重い砲丸を投げると、後続運動において、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が長くなり、パフォーマンスが向上した。

2) しかし、先行運動で 2.72 kgの軽い砲丸を投げると、後続運動において、砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じたものの、投てき距離に明確な差は見られず、パフォーマンスに変化は確認できなかった。

この結果は、実験1と同じく、重い砲丸を投げた後では、筋運動感覚残効が生じ、パフォーマンスの向上が見られた。また、軽い砲丸を投げた後では、筋運動感覚残効が生じ、明確なパフォーマンスに変化は見られなかった。しかし、実験全体を通じて、先行運動の投てき回数による筋運動感覚残効や投てき距離が変化するという仮説は支持されなかった。

第5章 砲丸の重さの違いが筋運動感覚残効とその持続回数及びパフォーマンスの及ぼす影響（実験3）

5.1 目的

砲丸投げにおいて、重い砲丸を投げることで生じる筋運動感覚残効の大きさやその投てき距離への影響が、先行運動の強度、すなわち、投げる砲丸の重さの違いにより、後続運動において、どのように経時的に変化するかについて検討する。

実験3の仮説は以下とした。

先行運動で投げる砲丸の重さが重いほど大きな筋運動感覚残効が生じ、それに対応して投てき距離も向上する（先行運動の強度の特定）。また、筋運動感覚残効及び投てき距離への影響は、経時的に変化し、後続運動の投てき回数が増えると小さくなる（筋運動感覚残効の持続時間と経時的变化の特定）。

5.2 方法

5.2.1 参加者

運動部に所属している男子大学生 16 名（年齢 19～22 歳）で、実験の趣旨に同意を得た上で実施した。参加者は、学校体育で砲丸投げの経験があるが、専門的に砲丸投げのトレーニングを一度も行ったことのない者であった。また、実験 1 及び実験 2 とは異なる参加者であった。なお、参加者の身体特性について、以下の項目で測定を行った。身体サイズは、身長、体重、脚長、眼高、運動能力は、垂直跳び、背筋力、握力（左右）、柔軟性（Straight Leg Raising 検査）、走力（スタンディングポジションでの 30m 走ダッシュ）であった。

5.2.2 砲丸の重さと場所

基準運動及び後続運動で使用した砲丸の重さは、4.0 kg であった。また、重さの異なる砲丸を投げる先行運動で使用した砲丸の重さは、4.0 kg、5.0 kg 及び 6.0 kg のいずれかであった。この砲丸の重さについては、実験 1 と同様に参加者の投てきフォームにあまり変化がなく無理なく砲丸を投げることができ、かつ、確実に筋運動感覚残効が生じることを確認した上で、比較的入手が簡単な重さである一般女子の規格の 4.0 kg、中学校男子の規格の 5.0 kg 及び高等学校男子の規格の 6.0 kg に設定した。実験場所は、第 3 種陸上競技場の砲丸投げのサークルであった。

5.2.3 手続き

参加者は、ストレッチ運動などの準備運動を十分に行った後、4.0 kg の砲丸で任意の回数、投てき練習を行った。その後、重さの異なる砲丸を投げる前の基準のパフォーマンスを測定するために、基準運動では、4.0 kg の砲丸を 2 投行っ

た．次に，基準運動として，4.0 kgの砲丸を2投行った後，先行運動として4.0 kgと5.0 kg，6.0 kgのいずれかの砲丸で3投を行った．その後，筋運動感覚残効とパフォーマンスの経時的な変化を測定するために後続運動として，4.0 kgの砲丸を5投を行った．この基準運動の2投と先行運動の3投，後続運動の5投の計10投を1セットとして，先行運動の砲丸の重さを変えて，十分な休憩を挟んで，残り2セットを行い，1日で全3セットを行った．そのため，先行運動の砲丸の重さは3セット間で異なっており，重さの異なる砲丸を投げる順序は，参加者間でランダムであった．

筋運動感覚残効について，参加者は，砲丸の重さと投げやすさについて，2回の後続運動の投てきごとに，基準運動と比べて判断するように求められた．この主観的判断は，各セットの全投てきが終わった後に一括して行われた．また，先行研究では，5段階（Nakamoto et al., 2012; Otsuji et al., 2002）や11段階（Kim and Hinrichs; 2005）で，主観的判断を求めている．しかし，本研究では，両極（軽いー重い，投げやすいー投げにくい）で判断させること，また，回答の簡便さを考慮して，11段階ではなく，一方の極で3段階とし，「どちらでも無い」を含む7段階で主観的判断を求めた．砲丸の重さについては，とても軽く感じる(1)，軽く感じる(2)，少し軽く感じる(3)，どちらでも無い(4)，少し重く感じる(5)，重く感じる(6)，とても重く感じる(7)として，()の中の数字に得点化した．そのため，この得点の値が小さくなるほど砲丸を軽く感じているといえる．また，砲丸の投げやすさについては，とても投げやすく感じる(1)，投げやすく感じる(2)，少し投げやすく感じる(3)，どちらでも無い(4)，少し投げにくく感じる(5)，投げにくく感じる(6)，とても投げにくく感じる(7)として，()の中の数字に得点化した．そのため，この得点の値が小さくなるほど砲丸を投げやすく感じているといえる．

投てき距離の測定は，投てきごとに砲丸の落ちた後に目印を付け，各セット

の全ての投てきが終了した後一括して行った。また、投てき距離は、砲丸の落ちた跡で、サークルに最も近い地点からサークルの中心をつなぐ線上でサークルの内側までとした。

また、参加者は、他の参加者の投てきを見ることはなく、他の参加者の主観的判断の回答についても知ることがないように配慮した。なお、事前に注意を与えていたため、投てきの際に、サークルから足が出るなどのファールする参加者は見られなかった。

5.2.4 統計処理

後続運動における砲丸の重さと投げやすさの主観的判断については、先行運動の砲丸の重さによる違いを検証するために、先行運動の砲丸の重さと後続運動の投てき回数を要因とする対応のある2要因分散分析を行った。また、投てき距離については、先行運動の砲丸の重さによる基準運動と後続運動のパフォーマンスの違いを検証するために、先行運動の砲丸の重さと基準運動及び後続運動の投てき回数を要因とする対応のある2要因分散分析を行った。各分散分析において、主効果及び交互作用が有意であった場合、事後検定としてBonferroni法を用いて多重比較を行った。統計的有意水準は、5%未満とした。

5.3 結果と考察

参加者の身体特性について、表 5.1 に示した。これを見ると、一般的な運動部所属の大学生の身体特性とほぼ同じであると推察できる。

表5.1 実験1における参加者の身体特性

	平均値	標準偏差
年齢	20.6	1.2
身長(cm)	173.5	7.3
体重(kg)	63.2	6.3
脚長(cm)	87.0	5.1
眼高(cm)	160.3	6.7
垂直跳(cm)	60.8	7.2
背筋力(kg)	186.0	190.4
握力右(kg)	53.2	6.2
握力左(kg)	46.0	6.9
SLR(度)	100.7	23.8
30m走(秒)	4.4	0.2

次に、後続運動における砲丸の重さの主観的判断について、表 5.2 に示した。砲丸の重さの主観的判断について、2 要因分散分析を行った結果、砲丸の重さ ($F(2, 120)=65.00, p<.01, \eta_p^2=.81$) と投てき回数 ($F(4, 120)=13.86, p<.01, \eta_p^2=.48$) の主効果及び交互作用 ($F(8, 120)=4.94, p<.01$) が有意であった。単純主効果の検定を行った結果、砲丸の重さの要因では、6.0 kg ($F(3, 13)=6.41, p<.01$) の単純主効果が有意であった。多重比較の結果、1～3 投目は、4, 5 投目よりも小さな値であった。また、投てき回数の要因では、全ての投てきの単純主効果（1 投目： $F(2, 14)=50.25, p<.01$, 2 投目： $F(2, 14)=126.65, p<.01$, 3 投目： $F(2, 14)=47.28, p<.01$, 4 投目： $F(2, 14)=15.53, p<.01$, 5 投目： $F(2, 14)=8.38, p<.01$ ）が有意であった。多重比較の結果、1, 2 投目では、すべての砲丸の重さ間で有意

差が見られた。また、5.0 kg及び6.0 kgの砲丸を投げた後の3～5投目では、4.0 kgの砲丸を投げた後より、小さい値であった。これらのことから、5.0 kg及び6.0 kgの砲丸を投げた後の投てきでは、後続運動の5投を通して、4.0 kgの砲丸を投げた後の投てきよりも、砲丸を軽く感じるといえる。また、この砲丸が軽いという感覚は、6.0 kgの砲丸を投げた後の投てきの方が、5.0 kgの砲丸を投げた後の投てきより強いといえる。

表5.2 実験3の後続運動における砲丸の重さの主観的判断

砲丸の重さ	1投目	2投目	3投目	4投目	5投目
4.0kg	3.9 ±0.4	4.1 ±0.3	4.2 ±0.4	4.1 ±0.5	4.1 ±0.5
5.0kg	2.3 ±1.0	2.5 ±0.7	2.6 ±0.7	3.0 ±1.0	3.1 ±1.0
6.0kg	1.4 ±0.8	1.6 ±0.6	2.2 ±0.8	2.8 ±0.9	2.9 ±1.0

また、後続運動における砲丸の投げやすさの主観的判断について、表5.2に示した。砲丸の投げやすさの主観的判断について、2要因分散分析を行った結果、砲丸の重さ ($F(2, 120) = 30.56, p < .01, \eta_p^2 = .67$) 及び投てき回数 ($F(4, 120) = 4.17, p < .01, \eta_p^2 = .22$) の主効果が有意であった。多重比較の結果、5.0 kg及び6.0 kgの砲丸を投げた後の投てきは、4.0 kgの砲丸を投げた後の投てきより、低い値であった。また、投てき回数間では、有意差は認められなかった。このことから、5.0 kg及び6.0 kgの砲丸を投げた後の投てきでは、4.0 kgの砲丸を投げた後の投てきよりも、砲丸を投げやすく感じるといえる。

表5.3 実験3の後続運動における砲丸の投げやすさの主観的判断

砲丸の重さ	1投目	2投目	3投目	4投目	5投目
4.0kg	4.1 ±0.3	4.1 ±0.3	4.1 ±0.3	4.2 ±0.5	4.2 ±0.5
5.0kg	2.0 ±1.3	2.3 ±1.1	2.6 ±1.2	2.9 ±1.1	2.7 ±1.4
6.0kg	2.3 ±1.7	2.1 ±1.5	2.1 ±0.8	2.4 ±1.1	2.6 ±1.2

さらに、各運動における投てき距離の平均を、図 5. 1 に示した。基準運動と後続運動の投てき距離について、2 要因分散分析を行った結果、投てき回数の主効果 ($F(6,180)=5.43, p<.01, \eta_p^2=.27$) と交互作用 ($F(12,180)=2.51, p<.05, \eta_p^2=.14$) が有意であった。単純主効果の検定を行った結果、砲丸の重さでは、5.0 kg ($F(6, 10)= 5.50, p<.01$) 及び 6.0 kg ($F(6, 10)= 3.90, p<.05$) で有意であった。多重比較の結果、5.0 kg 及び 6.0 kg の砲丸を投げた後の後続運動の 1 投目の投てき距離は、基準運動の 1 及び 2 投目の投てき距離よりも長かった。加えて、各運動の投てき回数では、基準運動の 2 投目 ($F(2, 14)= 4.34, p<.05$) 及び後続運動の 1 投目 ($F(2, 14)= 15.86, p<.01$) の単純主効果が有意であった。多重比較の結果、基準運動の 2 投目では、先行運動で 4.0 kg を投げる場合の投てき距離は、5.0 kg を投げる場合の投てき距離より長かった。また、後続運動の 1 投目では、5.0 kg 及び 6.0 kg の砲丸を投げた後の投てき距離は、4.0 kg の砲丸を投げた後よりも長かった。これらのことから、基準運動の 2 投目では、先行運動で 4.0 kg と 5.0 kg の砲丸を投げる場合で、投てき距離に違いが見られたが、5.0 kg 及び 6.0 kg の砲丸を投げた後の後続運動の 1 投目の投てき距離は、基準運動（1, 2 投目）よりも長く、また、4.0 kg の砲丸を投げた後よりも長いといえる。

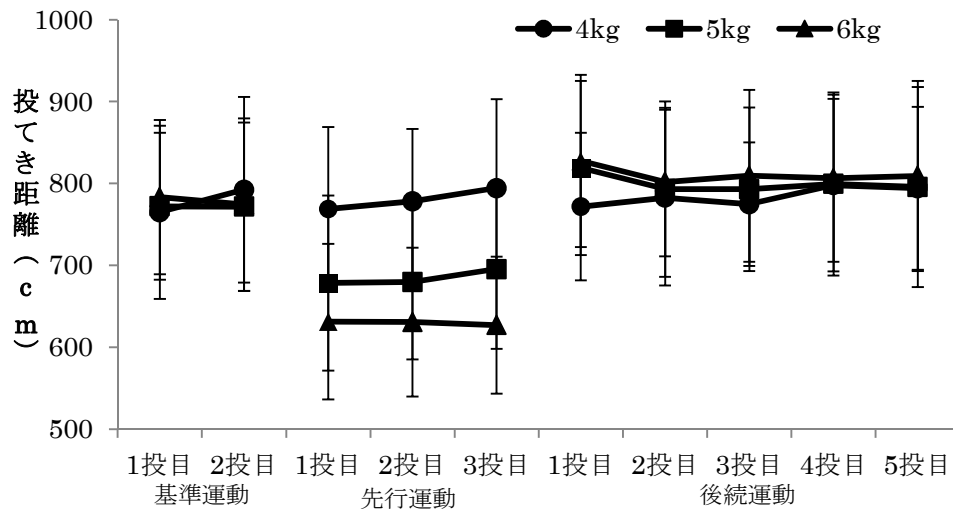


図5.1 実験3の各運動における投てき距離の平均

以上のことから、先行運動で 5.0 kg 及び 6.0 kg の重い砲丸を投げると、後続運動において、基準運動よりも、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離も一過性（後続運動の 1 投目だけ）ではあるが長くなり、パフォーマンスが向上することが明らかとなった。また、筋運動感覚残効について、先行運動直後及びより重い砲丸を投げた後の投てきで大きく、その後の投てきで小さくなることが明らかとなった。一方、基準運動の 2 投目において、4.0 kg と 5.0 kg の砲丸を投げる場合で、投てき距離に違いは見られた。その理由については、定かではないが、一時的なパフォーマンスのばらつきではないかと推察される。

この結果は、筋運動感覚残効が、先行運動の飽和直後が最大で、それからゆっくりと消失する（Cratty, 1973）という指摘や短時間（長くても数十秒）で消失してしまう現象である（落合, 1976）、あるいは、時間の経過とともに消失する（Sage, 1984）という経時的な変化に関する指摘と合致するものであった。このことから、重い砲丸を投げた後の筋運動感覚残効は、時間の経過とともに小さくなっていくと考えられる。

次に、投てき距離に関しては、5.0kg と 6.0kg の先行運動を行うことで後続運動の距離が長くなったが、両者の間に有意な差は確認されなかった。このことは、先行運動で投げる砲丸が重いほど大きな筋運動感覚残効が生じ、それに対応して投てき距離も向上するという仮説を支持するものではなかった。しかし、5.0 kgの砲丸を投げることで、十分に筋運動感覚残効が生じ、投てき距離に影響を及ぼす砲丸の重さだといえる。

次の実験4では、より大きな筋運動感覚残効が生じ、明確なパフォーマンスの変化が見られた 6.0 kgの砲丸を投げた後における筋運動感覚残効と投てき距離に絞って検討することとする。実験4では、先行運動から後続運動までの時間間隔の違いが筋運動感覚残効やパフォーマンスに及ぼす影響について検討する。

5.4 まとめ

本章では、砲丸投げにおいて、重い砲丸を投げることで生じる筋運動感覚残効の大きさやその投てき距離への影響が、先行運動の強度、すなわち、投げる砲丸の重さの違いにより、後続運動において、どのように経時的に変化するかについて検討することが目的で、実験3を行った。この実験3の仮説は、先行運動で投げる砲丸の重さが重いほど大きな筋運動感覚残効が生じ、それに対応して投てき距離も向上するというもので、先行運動の強度を特定するためのものであった。結果は、以下ようになった。

- 1) 先行運動で 5.0 kg 及び 6.0 kg の重い砲丸を投げると、後続運動で砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離も一過性ではあるが長くなり、パフォーマンスが向上した。
- 2) また、筋運動感覚残効は、先行運動直後及びより重い砲丸を投げた後の投てきで大きく、その効果は経時的に小さくなった。

以上のことから、重い砲丸を投げると、後続運動において、基準運動よりも、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離も一過性（後続運動の1投目だけ）ではあるが長くなり、パフォーマンスが向上することが明らかとなった。しかし、先行運動で投げる砲丸が重いほど大きな筋運動感覚残効が生じ、それに対応して投てき距離も向上するという仮説を支持するものではなかった。

第6章 先行運動と後続運動の時間間隔が筋運動感覚残効と砲丸投げのパフォーマンスに及ぼす影響（実験4）

6.1 目的

砲丸投げにおいて、重い砲丸を投げることで生じる筋運動感覚残効の大きさやその投てき距離への影響が、先行運動から後続運動までの時間間隔の違いにより、どのように変化するかについて検討する。

実験4の仮説は、以下とした。

筋運動感覚残効及び投てき距離への影響は、先行運動の直後が最大で、先行運動から後続運動までの時間間隔が長くなると小さくなる（先行運動から後続運動までの時間間隔の特定）。

6.2 方法

6.2.1 参加者

運動部に所属している男子大学生 28 名で、実験の趣旨に同意を得た上で実施した。参加者は、学校体育で砲丸投げの経験があるが、専門的に砲丸投げのトレーニングを一度も行ったことのない者であった。また、実験 1、実験 2 及び実験 3 とは異なる参加者であった。なお、参加者の身体特性について、以下の項目で測定を行った。身体サイズは、身長、体重、脚長、眼高、運動能力は、垂直跳び、背筋力、握力（左右）、柔軟性（Straight Leg Raising 検査：SLR）、走力（スタンディングポジションでの 30m 走ダッシュ）であった。

6.2.2 砲丸の重さと場所

基準運動及び後続運動で使用した砲丸の重さは、4.0 kg であった。また、重さの異なる砲丸を投げる先行運動で使用した砲丸の重さは、4.0 kg、5.0 kg 及び 6.0 kg のいずれかであった。この砲丸の重さについては、実験 1 と同様に参加者の投てきフォームにあまり変化がなく無理なく砲丸を投げることができ、かつ、確実に筋運動感覚残効が生じることを確認した上で、比較的入手が簡単な重さである一般女子の規格の 4.0 kg、中学校男子の規格の 5.0 kg 及び高等学校男子の規格の 6.0 kg に設定した。実験場所は、第 3 種陸上競技場の砲丸投げのサークルであった。

6.2.3 手続き

参加者は、ストレッチ運動などの準備運動を十分に行った後、4.0 kg の砲丸で任意の回数、投てき練習を行った。その後、重さの異なる砲丸を投げる前の基準のパフォーマンスを測定するために、基準運動では、4.0 kg の砲丸を 2 投行っ

た．次に、基準運動として、4.0 kgの砲丸を2投行った後、先行運動として6.0 kgの砲丸で3投を行った．その後、後続運動として4.0 kgの砲丸を2投を行った．その際、先行運動から後続運動までの時間間隔を、直後（実験1及び2と同じく無理のない程度で連続した）、1分間、3分間の3つを設定し、いずれかの時間間隔後に後続運動を行った．基準運動の2投と先行運動の3投、後続運動の2投の計7投を1セットとして、先行運動から後続運動までの時間間隔を変えて、十分な休憩を挟んで、残り2セットを行い、1日で全3セットを行った．そのため、先行運動から後続運動までの時間間隔は3セット間で異なっており、異なる先行運動から後続運動までの時間間隔で砲丸を投げる順序は、参加者間でランダムであった．

筋運動感覚残効について、参加者は、砲丸の重さと投げやすさについて、2回の後続運動の投てきごとに、基準運動と比べて判断するように求められた．この主観的判断は、各セットの全投てきが終わった後に一括して行われた．また、先行研究では、5段階（Nakamoto et al., 2012; Otsuji et al., 2002）や11段階（Kim and Hinrichs; 2005）で、主観的判断を求めている．しかし、本研究では、両極（軽いー重い、投げやすいー投げにくい）で判断させること、また、回答の簡便さを考慮して、11段階ではなく、一方の極で3段階とし、「どちらでも無い」を含む7段階で主観的判断を求めた．砲丸の重さについては、とても軽く感じる(1)、軽く感じる(2)、少し軽く感じる(3)、どちらでも無い(4)、少し重く感じる(5)、重く感じる(6)、とても重く感じる(7)として、()の中の数字に得点化した．そのため、この得点の値が小さくなるほど砲丸を軽く感じているといえる．また、砲丸の投げやすさについては、とても投げやすく感じる(1)、投げやすく感じる(2)、少し投げやすく感じる(3)、どちらでも無い(4)、少し投げにくく感じる(5)、投げにくく感じる(6)、とても投げにくく感じる(7)として、()の中の数字に得点化した．そのため、この得点の値が小さくなるほど砲丸を投げや

すく感じているといえる。

投てき距離の測定は、投てきごとに砲丸の落ちた後に目印を付け、各セットの全ての投てきが終了した後に一括して行った。また、投てき距離は、砲丸の落ちた跡で、サークルに最も近い地点からサークルの中心をつなぐ線上でサークルの内側までとした。

また、参加者は、他の参加者の投てきを見ることはなく、他の参加者の主観的判断の回答についても知ることがないように配慮した。なお、事前に注意を与えていたため、投てきの際に、サークルから足が出るなどのファールする参加者は見られなかった。

6.2.4 統計処理

後続運動における砲丸の重さと投げやすさの主観的判断については、先行運動の砲丸の重さによる違いを検証するために、先行運動の砲丸の重さと後続運動の投てき回数を要因とする対応のある2要因分散分析を行った。また、投てき距離については、先行運動の砲丸の重さによる基準運動と後続運動のパフォーマンスの違いを検証するために、先行運動の砲丸の重さと基準運動及び後続運動の投てき回数を要因とする対応のある2要因分散分析を行った。各分散分析において、主効果及び交互作用が有意であった場合、事後検定としてBonferroni法を用いて多重比較を行った。統計的有意水準は、5%未満とした。

6.3 結果と考察

参加者の身体特性について、表 6.1 に示した。これを見ると、一般的な運動部所属の大学生の身体特性とほぼ同じであると推察できる。

表6.1 実験1における参加者の身体特性

	平均値	標準偏差
年齢	20.8	1.3
身長(cm)	172.6	5.6
体重(kg)	65.2	6.5
脚長(cm)	85.5	4.6
眼高(cm)	160.9	5.7
垂直跳(cm)	59.9	7.1
背筋力(kg)	140.3	21.1
握力右(kg)	51.0	7.4
握力左(kg)	47.0	7.0
SLR(度)	88.3	12.5
30m走(秒)	4.4	0.2

次に、後続運動における砲丸の重さの主観的判断について、表 6.2 に示した。砲丸の重さの主観的判断について、2 要因分散分析を行った結果、時間間隔 ($F(2, 52) = 17.06, p < .01, \eta_p^2 = .40$) の主効果のみが有意であった。多重比較の結果、直後は、1 分後、3 分後よりも有意に低い値であった。このことから、先行運動の直後の投てきでは、1 分後、3 分後よりも砲丸を軽く感じているといえる。

表6.2 実験4の後続運動における砲丸の重さの主観的判断

時間間隔	1投目	2投目
直後	2.0 \pm 0.9	2.1 \pm 0.9
1分後	2.7 \pm 0.8	2.8 \pm 0.7
3分後	3.0 \pm 1.1	3.1 \pm 0.9

また、後続運動における砲丸の投げやすさの主観的判断について、表 6.3 に示した。砲丸の投げやすさの主観的判断について、2 要因分散分析を行った結果、両主効果及び交互作用は有意ではなかった。このことから、砲丸の投げやすさは、先行運動から後続運動までの時間間隔の違いによる差は見られないといえる。

表6.3 実験4の後続運動における砲丸の投げやすさ主観的判断

時間間隔	1投目	2投目
直後	2.7 ±1.5	2.7 ±1.2
1分後	2.7 ±1.1	2.9 ±0.9
3分後	3.1 ±1.2	3.0 ±1.0

さらに、各運動における投てき距離の平均を、図 6.3 に示した。基準運動と後続運動の投てき距離について、2 要因分散分析を行った結果、投てき回数 ($F(3, 156) = 46.37, p < .01, \eta^2 = .64$) の主効果が有意であった。多重比較の結果、基準運動（1, 2 投目）の投てき距離は、後続運動（1, 2 投目）の投てき距離よりも有意に短かった。このことから、先行運動から後続運動までの時間間隔に関係なく、6.0 kgの砲丸を投げた後の投てき距離は、基準運動よりも長いといえる。

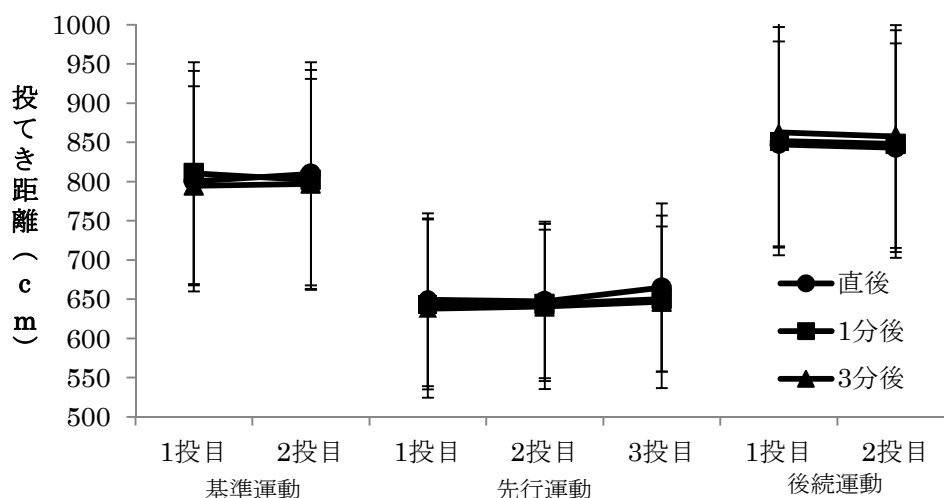


図6.1 実験4の各運動における投てき距離の平均

以上のことから、6.0 kgの砲丸を投げた直後の投てきでは、1分後及び3分後の投てきよりも、より砲丸を軽く感じる筋運動感覚残効が生じていると考えられる。しかし、砲丸の投げやすさについては、先行運動から後続運動までの時間間隔による違いは見られなかった。また、本実験において、先行運動から後続運動までの時間間隔に関係なく、重い砲丸を投げた後の後続運動の投てき距離は、基準運動よりも長く、パフォーマンスが向上していた。

このように、重い砲丸を投げた直後において、1分後及び3分後よりも、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じるという結果は、先行運動の飽和（satiation）直後が最大で、それからゆっくりと消失し（Cratty, 1973）、先行運動と後続運動の間隔が長いほど効果が小さくなるという指摘（Sage, 1984）とほぼ合致するものである。また、本実験においても、重い砲丸を投げた前後の投てき距離に違いが見られ、筋運動感覚残効がパフォーマンスを向上させたと考えられる。しかし、先行運動から後続運動までの時間間隔の違いで、筋運動感覚残効の大きさに違いがあったものの、パフォーマンスの差は確認できなかった。以上のように、本研究の結果からは、先行運動直後から3分後までは、

砲丸が軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じて、パフォーマンスが向上すると考えられる。これは、重い砲丸を投げた直後と比較して、3 分後においても、筋運動感覚残効が生じており、投てき距離も向上することを示している。

6.4 まとめ

本章では、砲丸投げにおいて、重い砲丸を投げることで生じる筋運動感覚残効の大きさやその投てき距離への影響が、先行運動から後続運動までの時間間隔の違いにより、どのように変化するかについて検討する。ことが目的で、実験4を行った。この実験4の仮説は、筋運動感覚残効及び投てき距離への影響は、先行運動の直後が最大で、先行運動から後続運動までの時間間隔が長くなると小さくなるというもので、先行運動から後続運動までの時間間隔を特定するためのものであった。結果は、以下のようになった。

- 1) 先行運動で 6.0 kg の砲丸を投げた直後の投てきでは、1 分後及び 3 分後の投てきよりも、砲丸を軽く感じる筋運動感覚残効が生じていた。
- 2) しかし、砲丸の投げやすさは、先行運動から後続運動までの時間間隔による差は見られなかった。
- 3) また、投てき距離でも、重い砲丸を投げると、パフォーマンスが向上したが、先行運動から後続運動までの時間間隔による差は見られなかった。

以上のことから、先行運動直後から 3 分後までは、砲丸が軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じて、パフォーマンスが向上すると考えられる。これは、重い砲丸を投げた直後と比較して、3 分後においても、筋運動感覚残効が生じており、投てき距離も向上することを示している。

第7章 総括

7.1 総合的考察

本研究の目的は、筋運動感覚残効が砲丸投げの運動パフォーマンスに及ぼす影響を検討することであった。そのため、一連のフィールド実験を行った。その結果は、以下の通りであった。

1) 先行運動で 5.45 kgの重い砲丸を投げると、後続運動において、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が長くなり、パフォーマンスが向上した。しかし、先行運動で 2.72 kgの軽い砲丸を投げると、後続運動において、砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じたものの、投てき距離に差は見られず、パフォーマンスに変化は見られなかった。

2) 先行運動の投てき回数に関係なく、先行運動で 5.45 kgの重い砲丸を投げると、後続運動において、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が長くなり、パフォーマンスが向上した。しかし、先行運動で 2.72 kgの軽い砲丸を投げると、後続運動において、砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じたものの、投てき距離に明確な差は見られず、パフォーマンスに変化は確認できなかった。

3) 先行運動で 5.0 kg及び 6.0 kgの重い砲丸を投げると、後続運動で砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離も一過性ではあるが長くなり、パフォーマンスが向上した。また、筋運動感覚残効は、先行運動直後及びより重い砲丸を投げた後の投てきで大きく、その後の投てきで小さくなった。

4) 先行運動で 6.0 kgの砲丸を投げた直後の投てきでは、1 分後及び 3 分後の投てきよりも、砲丸を軽く感じる筋運動感覚残効が生じていた。しかし、砲丸の投げやすさは、先行運動から後続運動までの時間間隔による差は見られなか

った。また、投てき距離でも、重い砲丸を投げると、パフォーマンスが向上したが、先行運動から後続運動までの時間間隔による差は見られなかった。

以上のように、4つの実験の全てで、重い砲丸を投げた後、基準の重さの砲丸を投げると、砲丸が軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離の向上が見られた。このように砲丸投げでは、重い砲丸を投げると、その直後の投てきにおいて、筋運動感覚残効が生じ、パフォーマンスが向上するといえる。

この結果は、筋運動感覚残効が生じるもののパフォーマンスの向上を確認できなかった研究の結果（Lindeburg and Hewitt, 1965; Nelson and Lambert, 1965; Nelson and Nofsinger, 1965; Stockholm and Nelson, 1965; Kim and Hinrichs, 2005, 2008; Otsuji et al., 2002）や指摘（落合, 1972 ; Sage, 1984）と異なっている。その理由としては、実験1の結果と考察で示した通り、本研究の実験課題である砲丸投げは、最大努力で重い砲丸を投げる運動で、バッティングのように精密な運動調整があまり必要としないためであると考えられる。また、本研究と同じく砲丸投げを運動課題とした研究（Judge et al., 2012; 西藤, 1979）においても、重い砲丸を投げた後の投てき距離において、パフォーマンスの向上を確認しておらず、本研究と異なる。この理由としては、参加者が異なることや先行運動から後続運動までの時間間隔の違いによるものではないかと推察される。

また、本研究の結果は、日常的に運動を行っているが専門的に砲丸投げのトレーニングを行っていない運動部所属の男子大学生を対象にしたもので、日常的に運動を行っていない者や専門的に砲丸投げのトレーニングを行っている競技者では、異なる結果を示すと考えられる。おそらく、日常的に運動を行っていない対象者では、身長や体重といった身体サイズや基礎的な運動能力の違いが、筋運動感覚残効よりも投てき距離に大きな影響を及ぼすのではないかと思

われる。

加えて、砲丸投げのトレーニングを行っている競技者では、筋運動感覚残効により、砲丸が軽く、投げやすく感じて、その感覚に対して微調整を行い、投てき距離にあまり影響を及ぼさないように対処する可能性が考えられる。このような日常的にトレーニングを行っている投てき選手を対象に、重い砲丸を投げた後の投てき距離を検討している研究では (Judge et al., 2012; 西藤, 1979), パフォーマンスの向上を確認していない。しかし、重量投げ (ハンマー投げよりもワイヤーが短く、投てき物が重い競技) においては、重い用具を投げた後に標準の重さの用具を投げると、高校生 (Judge et al., 2010) や大学生 (Judge et al., 2012) で、投てき距離が向上すると報告されている。このような競技者は、日常的にトレーニングを行っていることから、わずかな感覚の違いが、パフォーマンスに影響を及ぼすとも推察できる。このように、筋運動感覚残効とパフォーマンスの関係について、本研究の結果を直ちにさまざまな対象者に当てはめることはできない。今後、実験の参加者運動の経験や競技レベルを考慮して、筋運動感覚残効と運動パフォーマンスの関係を検討する必要がある。

さて、本研究では、砲丸投げにおいて、重い砲丸を投げることで筋運動感覚残効が生じ、パフォーマンスの向上が見られた。その理由として、次の2つの可能性が考えられる。

その第一の理由としては、高強度の準備運動による活動後増強 (post activation potentiation: PAP) が、パフォーマンスの向上に作用した可能性である。この活動後増強とは、厳密には、最大下あるいは最大強度の筋活動後に誘発した単収縮トルクが、筋活動前に誘発した単収縮トルクよりも高いという現象である (Sale, 2002)。しかし、近年では、筋に重い抵抗をかけて行った運動の後に見られる筋出力の即時的な増強 (Robbins, 2005), あるいは、それまでの筋活動によって、その後の筋力発揮に向上が見られる現象 (Sale, 2002) と広義に解釈さ

れている．そのため，スポーツの準備運動に活用できると期待されている（DeRenne, 2010）．例えば，砲丸投げの準備運動で，投てきの前に，両手で頭上から後ろ向きに砲丸を投げ上げる運動（Judge et al, 2013），あるいは，反動を付けた垂直跳びやスプリント（Terzis et al, 2012）を行うことにより，活動後増強が生じ，パフォーマンスが向上することが報告されている．このことから，本研究の結果は，先行運動で重い砲丸を投げるのが準備運動となり，活動後増強により筋の出力が増強され，後続運動で投てき距離が向上したと解釈することができる．

しかし，この活動後増強は，先行研究（DeRenne, 2010）から推測すると5～10秒の最大筋力発揮を行うと10分程度継続すると考えられる．ところが，最大筋力発揮直後は，筋が疲労しているため，活動後増強がそれほど見られず，疲労の回復に伴って増強効果が顕著に見られ（Docherty et al., 2004），パフォーマンスの向上は，疲労と活動後増強のバランスに依存すると考えられている（Tillin and Bishop, 2009）．この活動後増強にとって，最適な準備運動から後続運動までの時間間隔（リカバリー時間）は，メタ分析の結果では，7～10分間（Wilson et al., 2013），あるいは，先行研究の検討（レビュー）では，8～12分間（DeRenne, 2010）とされている．

本研究の結果では，重い砲丸を投げた直後の後続運動において投てき距離に向上が見られた（全てに実験）が，その後の投てきでは，投てき距離の向上は見られなかった（実験3：図5.1）．また，先行運動から後続運動までの時間間隔の違いによる投てき距離の差は見られず，直後，1分後及び3分後でも向上していた（実験4：図6.1）．これらの結果は，最大筋力発揮直後では活動後増強は，それほど見られず，筋力発揮の向上は，疲労の回復に伴って見られ（Docherty et al., 2004），最適なりカバリー時間は10分前後（DeRenne, 2010; Wilson et al., 2013）という先行研究によって確認されている活動後増強の特徴

と異なっている。以上のように、先行研究で明らかにされている筋の活動後増進の特徴と本研究の結果とは異なる点があり、重い砲丸を投げた後のパフォーマンスの向上を説明することはできないと推察される。

パフォーマンスが向上するもう一つの理由としては、筋運動感覚残効が生じることにより、当該状況を運動遂行にとって有利に知覚し、そのことによりパフォーマンスが向上した可能性である。この可能性を支持する結果が、スポーツにおける錯覚に関する研究（兄井・船越，1992；Witt et al., 2012）で報告されている。例えば、走り高跳びでは、バーの長さを長くするとバーの高さが低く見える錯覚が生じ、バーを跳びやすく感じ、跳躍高が向上することが確かめられている（兄井・船越，1992）。また、ゴルフでは、人工的にカップが大きく見えるような錯覚状況を作り出すと、パットの成功率が向上することが確かめられている（Witt et al., 2012）。また、これらの研究とは逆に、良いパフォーマンスを発揮することにより、当該状況を運動遂行にとって有利に知覚することが、いくつかの研究で報告されている。例えば、ゴルフにおいて、良いプレーができた時には、カップを大きく知覚することが確かめられている（Witt et al., 2008）。このような事象は、ソフトボールやダーツ投げ、アメリカンフットボールでも見られ、良いプレーができた時には、ボール（Witt and Proffitt, 2005; Witt and Proffitt, 2008）や的（Wesp et al., 2004）、フィールドゴール（Witt and Dorsch, 2009）が大きく知覚されることが確かめられている。このことから、当該状況を運動遂行にとって有利だと知覚するとパフォーマンスが向上し、良いパフォーマンスを発揮すると当該状況を運動遂行にとって有利だと知覚するといったように、知覚とパフォーマンスは、相互に影響を及ぼし合っていると考えられる。本研究の結果についても、重い砲丸を投げることによって、後続運動で、砲丸が軽く、投げやすく感じ、参加者が当該状況を運動遂行にとって有利だと知覚し、投てき距離が向上したと考えることができる。特に、砲丸を軽く、投げやすく

感じる筋運動感覚残効は、重い砲丸を投げた直後が最大で、それに伴い、先行運動直後で、投てき距離が向上したと考えられる。おそらく、当該状況を運動遂行にとって有利だと知覚することにより、運動に対する動機づけが高まり、パフォーマンスが向上したと推察できる。このような運動に対する動機づけが高まることにより、よりパフォーマンスが向上することは、一般的に考えられることではあるが、本研究では、運動に対する動機づけについて確認していないのでこれ以上は考察できない。また、本研究において、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じていても、投てき距離の向上が見られない場合（実験3）が見られたことから、パフォーマンスの向上を、当該状況を運動遂行にとって有利に知覚することの関与のみで説明することはできないと推察される。さらに、軽い砲丸を投げた後で生じる砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効は、運動に対する動機づけを低下させると考えられるが、このような筋運動感覚残効が生じるものの、パフォーマンスの低下が確認できなかったことから、運動に対する動機づけの関与だけで、本研究の結果を解釈できないと考えられる。

以上、砲丸投げにおいて、重い砲丸を投げることで筋運動感覚残効が生じ、パフォーマンスの向上が見られた理由について二つの可能性を示した。しかし、本研究の結果を、活動後増強と状況を運動遂行にとって有利に知覚することのどちらか一方だけで説明することはできないと思われる。おそらく、筋運動感覚残効が生じ、パフォーマンスが向上する理由として、活動後増強と状況を運動遂行にとって有利に知覚することの両方が関与していると推察される。今後、この二つの可能性の検証も含めて、実験条件の精選を行った上で検討する必要がある。

7.2 結論

スポーツにおける錯覚にはさまざまなものがあり、その中にはスキルの習得や運動パフォーマンスの発揮に密接な関係を示すもの（兄井・船越, 1992 ; Witt et al., 2012）も見られる．このようなスポーツにおける錯覚の代表的な現象として筋運動感覚残効があげられる．この筋運動感覚残効とは、「それまでの知覚経験の結果として生じる対象の形や大きさ、重さにおける知覚変容あるいは、手足の位置や運動、筋収縮の強度における知覚的歪み」（Sage, 1984）や「先行する運動の経験によって、その直後の運動における筋運動感覚の知覚に歪みが生じること」（工藤, 1989）と定義されている．すなわち、先行して行われた運動によって後続の運動に知覚的な変容（歪み）が生じる現象と捉えることができる．

この筋運動感覚残効と運動パフォーマンスの関係については、多くの研究で検討されてきているが、解決すべき実験上の問題点が多いため、明確な知見が得られていないのが現状である．

そこで、本研究では、筋運動感覚残効と運動パフォーマンスの関係を明らかにするために、先述の解決すべき実験上の問題点をできる限り克服し、筋運動感覚残効が生じやすいと考えられる砲丸投げにおいて、重さの異なる砲丸を投げることで生じる筋運動感覚残効が運動パフォーマンスに及ぼす影響について検討することが目的であった．

具体的には、筋運動感覚残効の先行研究や文献（兄井, 2005 ; Cratty, 1973 ; 工藤, 1989 ; 落合, 1976 ; Sage, 1984）の知見を踏まえ、筋運動感覚残効が砲丸投げの運動パフォーマンスに及ぼす影響について、以下の仮説を検討した．

1) 重い砲丸を投げると、砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が向上する．また、軽い砲丸を投げると、砲丸を重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離が低下する（筋運動感覚残効と

パフォーマンスへの影響の特定).

2)重い砲丸を投げる回数が増えると, より砲丸を軽く, 投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ, 投てき距離が向上する. また, 軽い砲丸を投げる回数が増えると, より砲丸を重く, 投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じ, 投てき距離が低下する (先行運動の投てき回数の特定).

3)先行運動で投げる砲丸の重さが重いほど大きな筋運動感覚残効が生じ, それに対応して投てき距離も向上する (先行運動の強度の特定). また, 筋運動感覚残効及び投てき距離への影響は, 経時的に変化し, 後続運動の投てき回数が増えると小さくなる (筋運動感覚残効の持続時間と経時的变化の特定).

4)筋運動感覚残効及び投てき距離への影響は, 先行運動の直後が最大で, 先行運動から後続運動までの時間間隔が長くなると小さくなる (先行運動から後続運動までの時間間隔の特定).

これらの具体的な仮説に対して, 一連のフォールド実験を行い, 以下のことを明らかにした.

1) 先行運動で 5.45 kgの重い砲丸を投げると, 後続運動において, 砲丸を軽く, 投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ, 投てき距離が長くなり, パフォーマンスが向上した. しかし, 先行運動で 2.72 kgの軽い砲丸を投げると, 後続運動において, 砲丸を重く, 投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じたものの, 投てき距離に差は見られず, パフォーマンスに変化は見られなかった.

2) 先行運動の投てき回数に関係なく, 先行運動で 5.45 kgの重い砲丸を投げると, 後続運動において, 砲丸を軽く, 投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ, 投てき距離が長くなり, パフォーマンスが向上した. しかし, 先行運動で 2.72 kgの軽い砲丸を投げると, 後続運動において, 砲丸を重く, 投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じたものの, 投てき距離に明確な差は見られず, パフォーマンスに変化は確認できなかった.

3) 先行運動で 5.0 kg 及び 6.0 kg の重い砲丸を投げると、後続運動で砲丸を軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離も一過性ではあるが長くなり、パフォーマンスが向上した。また、筋運動感覚残効は、先行運動直後及びより重い砲丸を投げた後の投てきで大きく、その後の投てきで小さくなった。

4) 先行運動で 6.0 kg の砲丸を投げた直後の投てきでは、1 分後及び 3 分後の投てきよりも、砲丸を軽く感じる筋運動感覚残効が生じていた。しかし、砲丸の投げやすさは、先行運動から後続運動までの時間間隔による差は見られなかった。また、投てき距離でも、重い砲丸を投げると、パフォーマンスが向上したが、先行運動から後続運動までの時間間隔による差は見られなかった。

以上の諸結果を統合すると、重い砲丸を投げた後、基準の重さの砲丸を投げると、砲丸が軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、投てき距離の向上が見られたと考えられる。このように砲丸投げでは、重い砲丸を投げることで筋運動感覚残効が生じ、パフォーマンスが向上するといえる。

この重い砲丸を投げることで筋運動感覚残効が生じ、パフォーマンスの向上する理由として、次の 2 つの可能性が考えられる。

その第一の理由としては、高強度の準備運動による活動後増強 (post activation potentiation: PAP) が、パフォーマンスの向上に作用した可能性である。この活動後増強とは、筋に重い抵抗をかけて行った運動の後に見られる筋出力の即時的な増強 (Robbins, 2005)、あるいは、それまでの筋活動によって、その後の筋力発揮に向上が見られる現象 (Sale, 2002) と捉えられている。この筋の活動後増強から本研究の結果を解釈すると、先行運動で重い砲丸を投げることが準備運動となり、活動後増強により筋の出力が増強され、後続運動で投てき距離が向上したといえることができる。

また、パフォーマンスが向上するもう一つの理由としては、筋運動感覚残効が生じることにより、当該状況を運動遂行にとって有利に知覚し、そのことに

よりパフォーマンスが向上した可能性が考えられる。この当該状況を運動遂行にとって有利に知覚することから本研究の結果を解釈すると、重い砲丸を投げることによって、後続運動で、砲丸が軽く、投げやすく感じ、参加者が当該状況を運動遂行にとって有利だと知覚し、投てき距離が向上したといえる。おそらく、当該状況を運動遂行にとって有利だと知覚することにより、運動に対する動機づけが高まり、パフォーマンスが向上したと推察できる。

以上、砲丸投げにおいて、重い砲丸を投げることで筋運動感覚残効が生じ、パフォーマンスの向上が見られた理由について二つの可能性を示した。

7.3 今後の課題

本研究では、を明らかにした。そこで、本研究で得られた知見を一般化するためには、次に挙げる限界と問題点を考慮し、残された課題を明らかにしておく必要がある。

本研究では、重い砲丸を投げることで、砲丸が軽く、投げやすく感じる筋運動感覚残効が生じ、パフォーマンスが向上することを明らかにした。その実験の参加者は、運動部所属の男子大学生で行った。本研究で得られた知見を一般化するためには、砲丸投げを専門とする経験年数が長くスキルレベルの高く参加者においても、パフォーマンスの向上が見られるかについて明らかにして行かなくてはならないであろう。本研究では、筋運動感覚残効が生じやすいと考えられる砲丸投げを実験課題に採用したが、この砲丸投げにおいて、スキルレベルの高いものは当然、運動場面における知覚学習がなされており、初心者とは違った筋運動感覚残効の現象やパフォーマンスの変化が見られると推察できる。例えば、先行研究によると、競技レベルやスキルレベルがある程度高い砲丸選手においては、重い砲丸を投げた後の投てき距離の向上は確認されていない (Judge et al., 2012)。しかし、重量投げ (ハンマー投げよりもワイヤーが短く、投てき物が重い競技) において、重い用具を投げた後に標準の重さの用具を投げると、専門で競技している高校生 (Judge et al., 2010) や大学生 (Judge et al., 2012) で、投てき距離が向上すると報告されている。このように、競技レベルやスキルレベルの異なる運動者では、重い砲丸を投げることによる筋運動感覚残効やパフォーマンスの影響も異なるのではないかと考えられる。また、ほとんど運動経験が無い初心者では、体重などの身体特性も異なるため、重い砲丸を投げることによる筋運動感覚残効やパフォーマンスの影響も異なると推察される。このように、どのような競技レベルやスキルレベルの運動者でも、一様に筋運動感覚残効が生じ、パフォーマンスが向上するかといった問題、すなわち、

筋運動感覚残効と運動者の競技レベルスキルレベルの関係も明らかにして行く必要がある。

さらに、筋運動感覚残効生じ、パフォーマンスが向上するのは、砲丸投げの動作のどのような部分が変化し、投てき距離というパフォーマンスが向上したのかについても明らかにしていかなければならない。本研究では、砲丸投げを運動課題としたが、この運動成績である投てき距離は、遂行される運動フォーム、例えば、砲丸の突き出し動作の投射角やその時の力の入れ方、砲丸のリリース時の姿勢などの運動の総体として具現化したものである。従って、重い砲丸を投げることで、筋運動感覚残効が生じ、砲丸投げのフォームのどの部分が変化し、運動成績である投てき距離が向上したのかについても明らかにしていく必要があろう。本研究では、筋運動感覚残効の特定と投てき距離だけに焦点づけて実験を行っていたため、このようなフォームや投てき動作の解析を行っていない。今後は、動作分析の手法を用いて、重い砲丸を投げることにより、フォームや投てき動作の変化したポイントを探る研究が行われなければならない。

加えて、本研究で示したパフォーマンスの向上は、重たい砲丸を投げた直後や3分後といった限定的な時間間隔におけるもので、本研究で確認できたパフォーマンスの向上は、一過性であると考えられる。重い砲丸を投げた後のパフォーマンスの向上が、その後のトレーニングや実力発揮において、見られるかについても今後、明らかにしていかなければならないと考えられる。

以上のいくつかの問題点が、本研究の今後の発展的視点を示す重要な課題として挙げられる。

7.4 スポーツ実践への貢献

本研究で指摘した通り、スポーツにおいてさまざまな錯覚が見られる。このスポーツにおける錯覚は、経験的にはよく知られた現象ではあるが、系統的な検討が行われていない。そのために、スポーツや体育の指導の中で意識されることは少ない。しかし、環境をいかに知覚するかに目を向け、環境の知覚に対する心構えを持つことは優れたパフォーマンスを発揮する上で重要だと考えられる。例えば、試合や競技会で、自分が不利な状況にあると感じる場合であっても、その原因が錯覚である場合には、その原因が錯覚であると知っていればあせることなく実力を発揮することができるであろう。

また、トレーニング方法においても、技術や体力の強化に重点を置くばかりでなく、環境をいかに知覚するかに目を向け、さらに、錯覚を利用した指導が可能である。例えば、走高跳においてバーが低く見える錯覚が生じる場面（兄井・船越，1992）を設定し、高さへの恐怖心を和らげ、跳躍を行わせることによって自信をつけさせる方法や、逆に、バーを高く見せ恐怖心が強くなるような状況で、それを克服させるといった心理的な強化を目的とした方法（Hu, 1984）が考えられる。

一方、教育への利用として、運動能力が劣っていないのに、恐怖感や不安感などの心理的原因で運動がうまくできない子どもに、錯覚を利用して、その恐怖感や不安感を軽減させ運動を行わせるという利用法も考えられ。特に、走高跳やハードル走、跳び箱や鉄棒などの恐怖感や不安感が生じやすい運動に対しては、このような方法が有効であろう。このような錯覚の利用法に示唆を与える研究として、古藤ら（1977）は、小学生のハードル走において、ハードルの横木の色をいろいろな色に変え、ハードルの色とパフォーマンスの関係に検討を加えている。それによると、ハードルが軽く、温かく感じる色の方が子どもの恐怖心を和らげ、記録を向上させる傾向が見られると報告し、このような

色彩の工夫により知覚が変化することから、教育現場でも必要であることを指摘している。

さらに、色彩の問題では、膨張、収縮して見えたり、進出、後退して見えたりする錯覚も利用可能であろう。一般的に、暖色系の色は大きく近くに見え、寒色系の色は小さく後退して見える。これは、一定の距離のものを近くに見えると有利な場合、例えば、野球の投手のユニフォームの色が進出、膨張色である場合などには、打者にとっては投手が近くに見え圧迫感を受けることも考えられる。

以上のように、一般的なスポーツや運動場面において、錯覚は、特殊な現象ではなく、日常的な現象として存在している。本研究で取り上げた筋運動感覚残効は、その一例に過ぎず、色彩や明るさなどの錯覚も存在しておりその認識や利用も可能である。このような錯覚について、今後十分に認識し、検討を加えて、指導して行くことが必要であろう。

本研究では、筋運動感覚残効が生じやすいと考えられる砲丸投げにおいて、筋運動感覚残効がパフォーマンスを向上させる可能性を示した。このことから陸上競技の投てき種目や野球のバッティングなど、用具の重さの感覚が重要な役割を果たすと考えられる運動において、トレーニングや試合時に筋運動感覚残効が活用できると推測できる。例えば、筋運動感覚残効により用具や身体が軽く感じる好ましい感覚は、トレーニングや試合時の過度の緊張を解しリラックスさせるなどの心理的な側面で良い効果をもたらすと考えられる。逆に、用具や身体が重く感じる好ましくない感覚を筋運動感覚残効により生じさせて普段から練習していれば、試合時に好ましくない感覚に陥っても、慌てずに対処できると考えられる。

さらに、本研究では、従来、どちらかと言えば切り離してそれぞれ専門的に検討されてきた知覚と運動を、直結させて研究する糸口を示すことができた

思われる．この知覚と運動は本来，決して切り離して存在するものではなく，本研究で見るように，極めて複雑に，相互に作用している．この複雑な，知覚と運動の交互作用を明らかにする資料を提供する基礎的な枠組みを示す本研究は，十分に価値のあるものであると思われる．

文献

- 兄井 彰（1998）錯視・錯覚を用いた効果的練習をしりたいのですが．日本スポーツ心理学会編 コーチングの心理学 Q&A．不昧堂出版：東京，pp. 48-49.
- 兄井 彰（2005）筋運動感覚残効が運動パフォーマンスに及ぼす影響．福岡教育大学紀要第5分冊，54，25-32.
- 兄井 彰・船越正康（1992）運動パフォーマンスの錯視効果に関する研究－走高跳について－．スポーツ心理学研究，19，5-10.
- 兄井 彰・本多壮太郎（2013）スポーツにおける錯覚の生起要因による分類．九州体育・スポーツ学研究，27，25-33.
- 兄井 彰・伊藤友記（2003）色彩の進出後退現象が運動パフォーマンスに及ぼす影響：走幅跳の助走及び跳躍との関係．体育学研究，48，541-553.
- Anstis, S. (1995) Aftereffects from jogging. *Experiment Brain Research*, 103, 476–478.
- Brose, D. E., and Hanson, D. L. (1967) Effects of overload training on velocity accuracy of throwing. *Research Quarterly*, 38, 528-533.
- チェルニコワ：樹下 節訳（1960）スポーツマンの心理学．ベースボール・マガジン社：東京，pp. 134-135.
- Cratty, B. J. (1973) *Movement behavior and motor learning* (3rd ed.). Lea & Febiger: Philadelphia.
- Cratty, B. J., and Amatelli, F. E. (1969) Figural aftereffects elicited by gross action patterns: the role of kinesthetic aftereffects in the arm-shoulder musculature. *Research Quarterly*, 40, 23-29.
- Cratty, B. J., and Duffy, K. E. (1969) Studies of movement aftereffects. *Perceptual and Motor Skills*, 29, 843-860.

- Cratty, B. J., and Hutton, R. S. (1964) Figural aftereffects resulting from gross action patterns. *Research Quarterly*, 35(2): 116-125.
- DeRenne, C. (1982). Increasing bat velocity. *Athletic journal* (March), 28–31.
- Coren and Girgus (1978) *Seeing is Deceiving: The psychology of visual illusion*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale.
- DeRenne, C. (2010). Effects of postactivation potentiation warm-up in male and female sport performances: A brief review. *Strength and Conditioning Journal*, 32, 58-64.
- DeRenne, C. and Branco, D. (1986). Overload or underload in your on-deck preparation? *Scholastci Coach* (February). 32, 69, 1986.
- DeRenne, C., Ho, K. W., Hetzler, R. K. and Chai, D. X. (1992). Effects of warm-up with various weighted implements on baseball bat swing velocity. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6, 214–218.
- DeRenne, C. and Szymanski, D. J. (2009). Effects of baseball weighted implement training: A brief review. *Strength and Conditioning Journal*, 31, 30-37.
- Docherty, D, Robbins, D, and Hodgson, M. (2004). Complex training revisited: A review of its current status as a viable training approach. *Strength and Conditioning Journal*, 26, 52-57.
- 藤田 厚 (1972) 認知と反応. 鷹野健次ほか編著 体育心理学研究. 杏林書院 : 東京, pp. 20-62.
- 藤田 厚 (1976) 視覚による運動の知覚. 松田岩男編 運動心理学入門. 大修館書店 : 東京, pp. 42-52.
- Gibson, J. J. (1979) *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- グリフィス : 可兒 徳・奥藤多藏訳 (1931) 競技心理学. 浅見文林堂 : 東京,

pp. 42-54.

グロッサー, M.・ノイマイヤー, A. : 浅岡正雄・佐野 淳・渡辺良夫訳 (1995)

選手とコーチのためのスポーツ技術のトレーニング. 大修館書店: 東京,

pp. 126-128.

グルガリガ, O. Y. : 小野耕三訳 (1978) 投てきのトレーニング, ホメコンフ,

L. S. 編. 陸上競技トレーナー教本. ベースボール・マガジン社: 東京,

pp. 434-442.

Gregory, R. L. (1991). Putting illusions in their place. *Perception*, 20, 1-4.

グレゴリー : 近藤倫明他訳 (2001) 脳と視覚—グレゴリーの視覚心理学. ブレ

ーン出版 : 東京, pp. 319-323.

樋口貴広・森岡 周 (2008) 身体運動学—知覚・認知からのメッセージ. 三輪

書店 : 東京, pp. 2-3.

Hu, H. (1984) Zhu Jiahua's Psycho-Training. *Track and Field Quarterly Review*, 84:

22-23.

今井省吾 (1981) 錯覚. 心理学事典. 平凡社 : 東京, pp. 271-274.

今井省吾 (1984) 錯視図形—見え方の心理学—. サイエンス社: 東京, p. 245.

石垣尚男 (1992) スポーツと眼. 大修館書店 : 東京, pp. 167-176.

石垣 尚・樽本裕樹 (2003) 野球打者におけるボール速度の感覚. 愛知工業大

学研究報告, 38B, 207-211.

乾 敏郎 (1995) 知覚と運動. 乾 敏郎 (編) 認知心理学 1 知覚と運動. 東京

大学出版会, Pp. 1-13.

Judge, L. W. (2009). The application of post-activation potentiation to the track and

field thrower. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31, 34-36.

Judge, L. W., Bellar, D., Craig, B., Gilreath, E., Cappos, S. and Thrasher, A. (2013).

The influence of post activation potentiation on shot put performance of

- collegiate throwers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Aug 12.
- Judge, L. W., Bellar, D. and Judge, M. (2010) Efficacy of potentiation of performance through overweight implement throws on male and female high-school weight throwers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 1804-1809.
- Judge, L. W., Bellar, D., Judge, M., Gilreath, E., Bodey, K. J. and Simoni, L. (2012). Efficacy of potentiation of performance through over weight implement throws on female shot putters. *Track and cross Country Journal*, 1, 9-16.
- 加賀秀夫（1987）運動の場の知覚．松田岩男・杉原 隆編著 新版運動心理学入門．大修館書店：東京，pp. 36-39.
- 干川 隆（1992）見ることと動くこと．藤岡孝志（編）アクティブに生きるー自己活動の心理学ー．ソフィア：東京，pp. 49-62.
- 勝部篤美（1981）スポーツの場における認知の問題 勝部篤美・糸野 豊編 コーチのためのスポーツ人間学．大修館書店：東京，pp. 21-30.
- 木寺英史（2011）錯覚のスポーツ身体学．東京堂出版：東京．
- Kim, Y. and Hinrichs, R. N. (2005). Does warming up with a weighted bat help or hurt bat speed in baseball? Paper presented at the XXth Congress of International Society of Biomechanics (ISB) and 29th American Society of Biomechanics (ASB) Annual Conference, Cleveland, OH.
- Kim, Y. and Hinrichs, R. N. (2008). A new approach to baseball bat swing warm-up. Paper presented at the International Conference on Biomechanics in Sports (ICBS), Seoul, Korea.
- 北岡明佳（2008a）錯視の認知心理学．認知心理学研究，5，177-185.
- 北岡明佳（2008b）錯視入門．朝倉書店：東京，pp. 212-217.
- 工藤孝幾・根本昌樹（1988）夜間ランニングの速度感覚に関する研究．スポーツ心理学研究，15，35-41.

- 工藤孝幾（1989）外界の視覚的認知．麓信義ほか著 運動行動の心理学．高文堂出版社：東京，pp. 130-135.
- Lindeburg, F. A. and Hewitt, J. F. (1965). Effect of oversized basketball on shooting ability and ball handling. *Research Quarterly*, 36, 164–167.
- ローサー：松田岩男訳（1961）コーチの心理学．ベースボール・マガジン社：東京，p. 199.
- マトベーエフ，E. N.：小野耕三訳（1978）やり投げのトレーニング，ホメコンフ，L. S. 編．陸上競技トレーナー教本．ベースボール・マガジン社，東京，pp. 452-462.
- 松田岩男（1966）陸上競技の心理．ベースボール・マガジン社：東京，p. 109.
- 松田岩男（1967）現代スポーツ心理学．日本体育社：東京，pp. 72-75.
- 増井 透（1994）知覚と認知．大山 正他編 新編感覚・知覚心理学ハンドブック．誠信書房：東京，pp. 233-260.
- 松井三雄（1930）体育心理学．目黒書店：東京，pp. 147-148.
- Michael, E., Skubic, V., and Rochelle, R. (1957) Effect of warm-up on softball throw for distance. *Research Quarterly*, 28, 357-363.
- Montoya, B. S., Brown, L. E., Coburn, J. W. and Zinder, S. M. (2009). Effect of warm-up with different weighted bats on normal baseball bat velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1566–1569.
- 森本吉謙・村木征人（2001）ボールの重量が野球の投球におけるスピードと正確性に及ぼす影響．スポーツ方法学研究，14，85-92.
- 森本吉謙・伊藤浩志・川村 卓・村木征人（2004）野球の投球運動におけるアシスティッドおよびレジスティット・トレーニングがボールスピードと正確性に及ぼす影響．トレーニング科学，15，171-178.
- 森本吉謙・伊藤浩志・島田一志・川村 卓・阿江通良・村木征人（2003）ボー

- ルの重量の増減が野球の投球運動に及ぼす影響とアシスティッドおよびレジスティッド・トレーニングとしての即時効果. スポーツ方法学研究, 16, 13-26.
- 村木征人・室伏重信・加藤 昭 (1982) 陸上競技 (フィールド). 現代スポーツコーチ実践講座 2, ぎょうせい: 東京, pp.490-506.
- 中島昭美 (1981) 運動感覚. 新版心理学辞典, 平凡社: 東京, pp. 48-49.
- Nakamoto, H., Ishii, Y., Ikudome, S. and Ohta, Y. (2012). Kinesthetic aftereffects induced by a weighted tool on movement correction in baseball batting. *Human Movement Science*, 31, 1529-1540.
- Nelson, R. C. and Lambert, W. (1965). Immediate aftereffect of overload on resisted and nonresisted speeds of movement. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 36, 296-306.
- Nelson, R. C. and Nofsinger, M. R. (1965). Effect of overload on speed of elbow flexion and the associated aftereffects. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 36, 174-182.
- Nakamoto, H., Ishii, Y., Ikudome, S. and Ohta, Y. (2012). Kinesthetic aftereffects induced by a weighted tool on movement correction in baseball batting. *Human Movement Science*, 31, 1529-1540.
- 野口源三郎 (1931) 競技運動の心理. 目黒書店: 東京, pp. 36-41.
- 落合優 (1976) 運動残効. 松田岩男編 運動心理学入門. 大修館書店: 東京, pp. 60-63.
- 長田一臣 (1971) 競技の心理. 道和書院: 東京, pp. 72-104.
- Otsuji, T., Abe, M. and Kinoshita, H. (2002). After-effects of using a weighted bat on subsequent swing velocity and batters' perceptions of swing velocity and heaviness. *Perceptual and Motor Skills*, 94, 119-126.

- Pacheco, B. A. (1957) improvement in jumping performance due to preliminary exercise. *Research Quarterly*, 28, 55-63.
- Pelah, A. and Barlow, H. B. (1996) Visual illusion from running. *Nature*, 381, 283.
- Proffitt, D. R. (2006). Embodied perception and the economy of action. *Perspectives on Psychological Science*, 1, 110–122.
- Pohl, R. F. (2004). Introduction: cognitive illusions. In R. F. Pohl (Ed.), *Cognitive illusions: A handbook on fallacies and biases in thinking, judgment and memory*. Oxford University Press: Oxford, pp.1-20.
- Reyes, G. F. and Dolny, D. (2009). Acute effects of various weighted bat warm up protocols on bat velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 2114–2118.
- Rieser, J. J., Pick, H. L. Jr, Ashmead, D. H. and Garing, A. E. (1995) Calibration of human locomotion and models of perceptual-motor organization. *Journal of experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 480–497.
- Robbins, D. W. (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 453-458.
- Rochelle, R. Skubic, V., and Michael, E. (1960) Performance as affected by incentive and preliminary warm-up. *Research Quarterly*, 31, 499-504.
- Sage, G. H. (1971) *Introduction to motor behavior: a neuropsychological approach*. Addison - Wesley Publishing Company: Massachusetts.
- Sage, G. H. (1984) *Motor learning and control: a neuropsychological approach*. Wm. C. Brown Publishers: Iowa. pp. 190-192.
- 西藤宏司 (1979) 実験投擲学：新体育学体系第 28 卷。逍遙書院：東京。
- Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise Sport Science Review*, 30, 138-143.

- 佐藤文宏（1973）距離感及び奥行知覚に関する研究－ゴルフ場での距離の錯視－. 桜門体育学研究, 7, 29-42.
- Scott, S. and Gray, R. (2010). Switching tools: Perceptual-motor recalibration to weight changes. *Experimental Brain Research*, 201, 177–189.
- Shebilske, W. L. (1984) Context effects and Efferent Factors in Perception. In Prinz, W. & Sanders, A.F. (Eds) *Cognition and Motor Processes*, Berlin, Springer Verlag, pp. 99-119.
- Shebilske, W. L. (1986) Baseball batters support an ecological efference mediation theory of natural event perception. *Acta Psychologica*, 63. 117–131.
- 嶋田博行（1999）ニューロック心理学. 心理学事典. 有斐閣：東京, p. 658.
- 清水史郎・野沢 巖・金子和政（1982）スキーにおける傾斜錯覚と斜面に対するイメージについて. 福井大学教育学部紀要VI, 13, 1-9.
- シンガー, R. : 松田岩男ほか訳（1986）スポーツトレーニングの心理学. 大修館書店：東京, pp. 153-155. <Singer, R. N. (1980) *Motor learning and human performance*. Third edition. Macmillan Publishing Co.: New York.>
- Southard, D., and Groomer, L. (2003) Warm-up with baseball bats of varying moments of inertia: effect on bat velocity and swing pattern. *Research Quarterly Exercise and Sport*. 74, 270-276.
- Southard, D. and Groomer, L. (2003). Warm-up with baseball bats of varying moments of inertia: Effect on bat velocity and swing pattern. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74, 270–276.
- Stockholm, A. J. and Nelson, R. (1965). The immediate after-effects of increased resistance upon physical performance. *Research Quarterly*, 36, 337–341.
- Stones, M. J (1980). Running under condition of visual input attenuation. *International Journal of Sport Psychology*, 11, 172-179.

- Straub, W. F. (1968) Effect of overload training procedures upon velocity and accuracy of the overarm throw. *Research Quarterly*, 39, 370-379.
- 末利 博 (1960) 体育心理学 (下). 逍遙書院: 東京, pp. 62-89.
- 末利 博 (1990) 運動学習の心理学. 不昧堂出版: 東京, pp. 136-168.
- Szymanski, D. J., Beiser, E. J., Bassett, K. E., Till, M. E., Medlin, G. L., Beam, J. R. and DeRenne, C. (2011). Effect of various warm-up devices on bat velocity of intercollegiate baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 287-292.
- Szymanski, D. J., Bassett, K. E., Beiser, E. J., Till, M. E., Medlin, G. L., Beam, J. R. and Serene, C. (2012). Effect of various warm-up devices on bat velocity of intercollegiate softball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 199-205.
- 田中平八 (1994) 幾何学的錯視と残効. 大山 正・今井省吾・和気典二編 新編感覚・知覚心理学ハンドブック. 誠信書房, pp. 681-736.
- 田中平八 (1999) 錯覚. 中島義明編 心理学事典. 有斐閣: 東京, p. 298.
- Terzis, G., Karampatsos, G., Kyriazis, T., Kavouras, S. A. and Georgiadis, G. (2012). Acute effects of countermovement jumping and sprinting on shot put performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 684-690.
- Tillin, N. A. and Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39, 147-166.
- Vasiliev, L. A. (1983) Use of different weight to develop specialized speed-strength. *SovietSportsReview*, 18, 49-52.
- van der Kamp, J., and Masters, R. S. W. (2008). The human Müller-Lyer illusion in goalkeeping. *Perception*, 37, 951-954.

- Van Huss, W. D., Albrecht, L., Nelson, R., and Hagerman, R. (1962) Effects of overload warm-up on the velocity and accuracy of throwing. *Research Quarterly*, 33, 472-475.
- 和田 尚 (1984) スポーツにおける錯覚はどのような場面にみられるか. 日本スポーツ心理学会編 スポーツ心理学 QandA. 不昧堂出版：東京, pp. 30-31.
- Wesp, R., Cichello, P., Grazia, E. B. and Davis, K. (2004). Observing and engaging in purposeful actions with objects influences estimates of their size. *Perception and Psychophysics*, 66, 1261-1267.
- Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M., E. Jo., Lowery, R. P. and Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-Analysis of Postactivation Potentiation and Power: Effects of Conditioning Activity, Volume, Gender, Rest Periods, and Training Status. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2, 854-859.
- Witt, J. K. (2011). Action's effect on perception. *Current Directions in Psychological Science*, 20, 201-206.
- Witt, J. K., and Sugovic, M. (2010). Performance and ease influence perceived speed. *Perception*, 39, 1341-1353.
- Witt, J. K. and Proffitt, D. R. (2005). See the ball, hit the ball: Apparent ball size is correlated with batting average. *Psychological Science*, 16, 937-938.
- Witt, J. K. and Proffitt, D. R. (2008). Action-specific influences on distance perception: A role for motor simulation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34, 1479-1492
- Witt, J. K., Linkenauger, S. A., Bakdash, J. Z., Proffitt, D. R. (2008). Putting to a bigger hole: Golf performance relates to perceived size. *Psychonomic Bulletin and*

Review, 15, 581-585.

Witt, J. K., and Dorsch, T. (2009) Kicking to bigger uprights: Field goal kicking performance influences perceived size. *Perception*, 38, 1328- 1340.

Witt, J. K., Linkenauger, S. A., and Proffitt, D. R. (2012). Get me out of this slump! Visual illusions improve sports performance. *Psychological Science*, 23, 397-399.

吉岡 剛（1986）運動パフォーマンスと運動感覚残効について．山口県体育学研究, 30, 1-8.

全米陸上競技連盟：澤村 博ら訳（2004）コーチングマニュアル．陸上競技社：東京，pp. 180-192.

業績リスト

論文

- 1) 兄井 彰 (2007) 筋運動感覚残効が運動パフォーマンスに及ぼす影響.
福岡教育大学紀要第 54 号第 5 分冊 : 25-32.
- 2) 兄井 彰・本多壮太郎 (2013) スポーツにおける錯覚の生起要因による分類”, 九州体育・スポーツ学研究 第 27 巻第 2 号 : 25-33.
- 3) 兄井 彰・本多壮太郎・須崎康臣・磯貝浩久 (2014) 筋運動感覚残効が砲丸投げのパフォーマンスに及ぼす影響. 体育学研究, 投稿中.

発表

- 1) 兄井 彰 (2008. 9) 重さの筋運動感覚残効が砲丸投げの運動パフォーマンスに及ぼす影響. 日本体育学会第 59 回大会, 早稲田大学.
- 2) 兄井 彰 (2012. 8) 筋運動感覚残効が砲丸投げの運動パフォーマンスに及ぼす影響—砲丸の重さと残効の持続回数について—. 日本体育学会第 63 回大会, 東海大学.
- 3) 兄井 彰 (2013. 8) 筋運動感覚残効が砲丸投げのパフォーマンスに及ぼす影響—先行運動と後続運動との時間間隔の違いによる検討—. 日本体育学会第 64 回大会, 立命館大学.

謝辞

本研究は、たくさんの方々に支えられてようやく完成しました。研究の着想自体は、ずいぶん昔からあったのですが、なかなか実験に移すことができず、今回、多くの方々の後押しにより、やっと日の目を見ることができました。感謝いたします。

本研究に関して、磯貝浩久先生には力強い叱咤激励をくださり、的確な示唆をいただきました。深く感謝を申し上げます。また、私の怠慢から論文の仕上がりが非常に遅れたにも関わらず、迅速で本当に丁寧な指導と貴重な示唆をいただいた夏目季代久先生、ジャン・ドゥーソップ先生、堀尾恵一先生に深く感謝を申し上げます。本当にご迷惑をおかけして申し訳ありません。ありがとうございました。

さらに、研究の最終部分で、私の考えを汲み取り、的確な指摘をいただいた本多壮太郎先生にも感謝申し上げます。

加えて、統計処理や図表のレイアウトなど細々とした論文作成のサポートをいただいた須崎康臣くんにも感謝申し上げます。彼の献身的なサポートが無ければ論文は完成しませんでした。

最後に、本研究での実験に参加してくれた福岡教育大学の学生にも、お礼を述べます。不慣れな砲丸を真剣に投げていただき、アスリートの貴重なデータを提供していただきました。

本研究で示した通り、スポーツにおける錯覚はさまざまなものがあり、運動パフォーマンスやスキルの習得にも影響を及ぼしていることから、スポーツにおける錯覚について、今後も謙虚に事象に向き合い、明らかにして行ければと考えています。

平成26年年8月28日 盛岡にて